

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002237375 A**

(43) Date of publication of application: **23.08.02**

(51) Int. Cl  
**H05B 3/20**  
**H01L 21/02**  
**H05B 3/16**  
**H05B 3/18**  
**H05B 3/74**

(21) Application number: **2001371869**

(22) Date of filing: **05.12.01**

(30) Priority: **05.12.00 JP 2000370452**

(71) Applicant: **IBIDEN CO LTD**

(72) Inventor: **HIRAMATSU YASUJI**  
**ITO YASUTAKA**

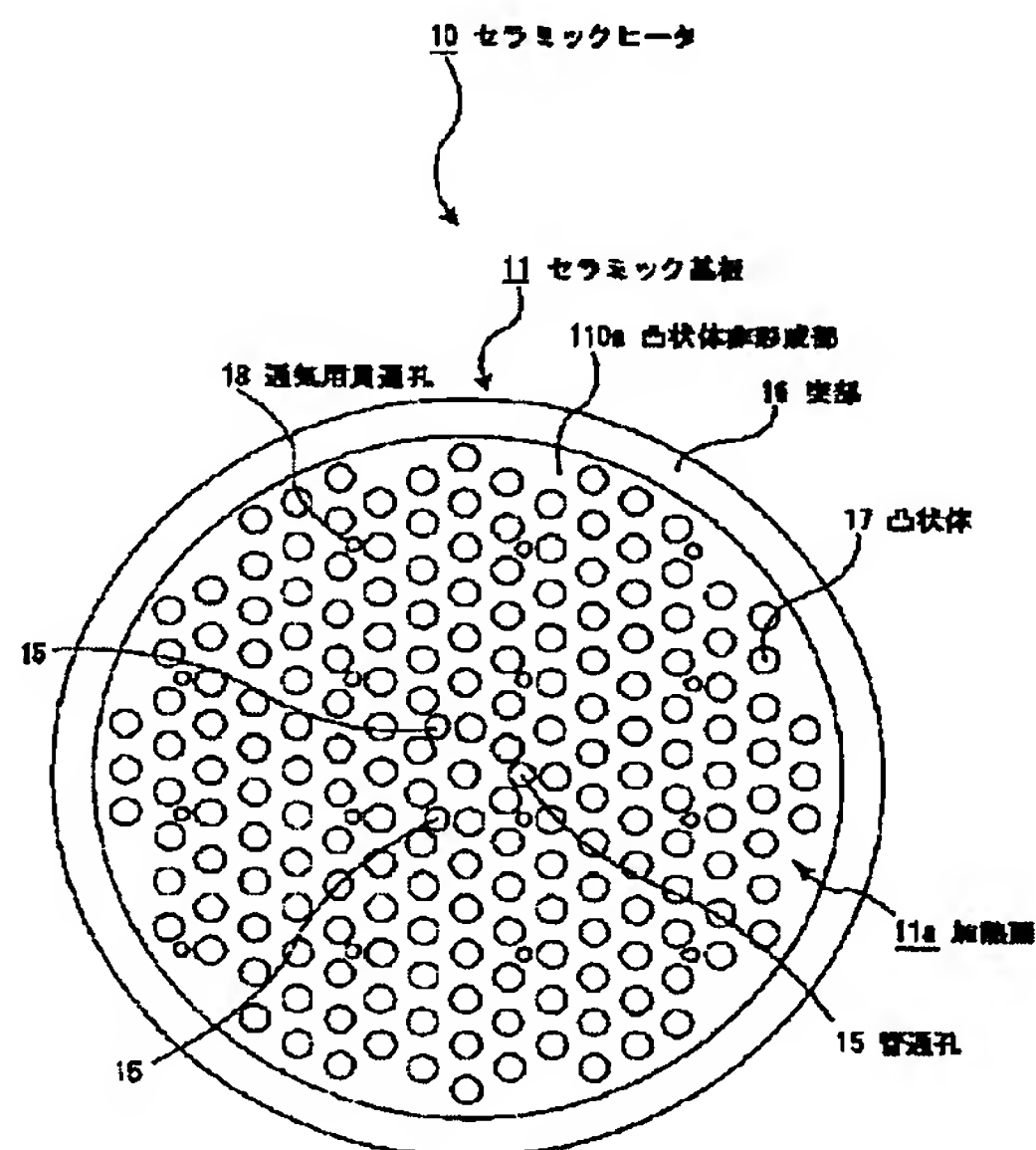
(54) **CERAMIC PLATE FOR SEMICONDUCTOR  
MANUFACTURING/TESTING DEVICE, AND  
MANUFACTURING METHOD OF THE SAME**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ceramic plate for semiconductor manufacturing/testing device which bears up against rapid temperature increase, with small temperature dispersion, without breaking semiconductor wafer by heat shock.

SOLUTION: For the ceramic plate for semiconductor manufacturing/testing device having a heating resistor on its surface or inside, a protruded part for fitting a semiconductor wafer is formed at its outer rim part, and many convex bodies, contacting with the semiconductor wafer, are formed inside the protruded part.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-237375  
(P 2 0 0 2 - 2 3 7 3 7 5 A)  
(43) 公開日 平成14年 8 月23日 (2002. 8. 23)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H05B 3/20	356	H05B 3/20 356	3K034
H01L 21/02		H01L 21/02 Z	3K092
H05B 3/16		H05B 3/16	
3/18		3/18	
3/74		3/74	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全25頁)			

(21) 出願番号 特願2001-371869 (P 2001-371869)  
(22) 出願日 平成13年12月 5 日 (2001. 12. 5)  
(31) 優先権主張番号 特願2000-370452 (P 2000-370452)  
(32) 優先日 平成12年12月 5 日 (2000. 12. 5)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000158  
イビデン株式会社  
岐阜県大垣市神田町 2 丁目 1 番地  
(72) 発明者 平松 靖二  
岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1 - 1 イビデ  
ン株式会社内  
(72) 発明者 伊藤 康隆  
岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1 - 1 イビデ  
ン株式会社内  
(74) 代理人 100086586  
弁理士 安富 康男

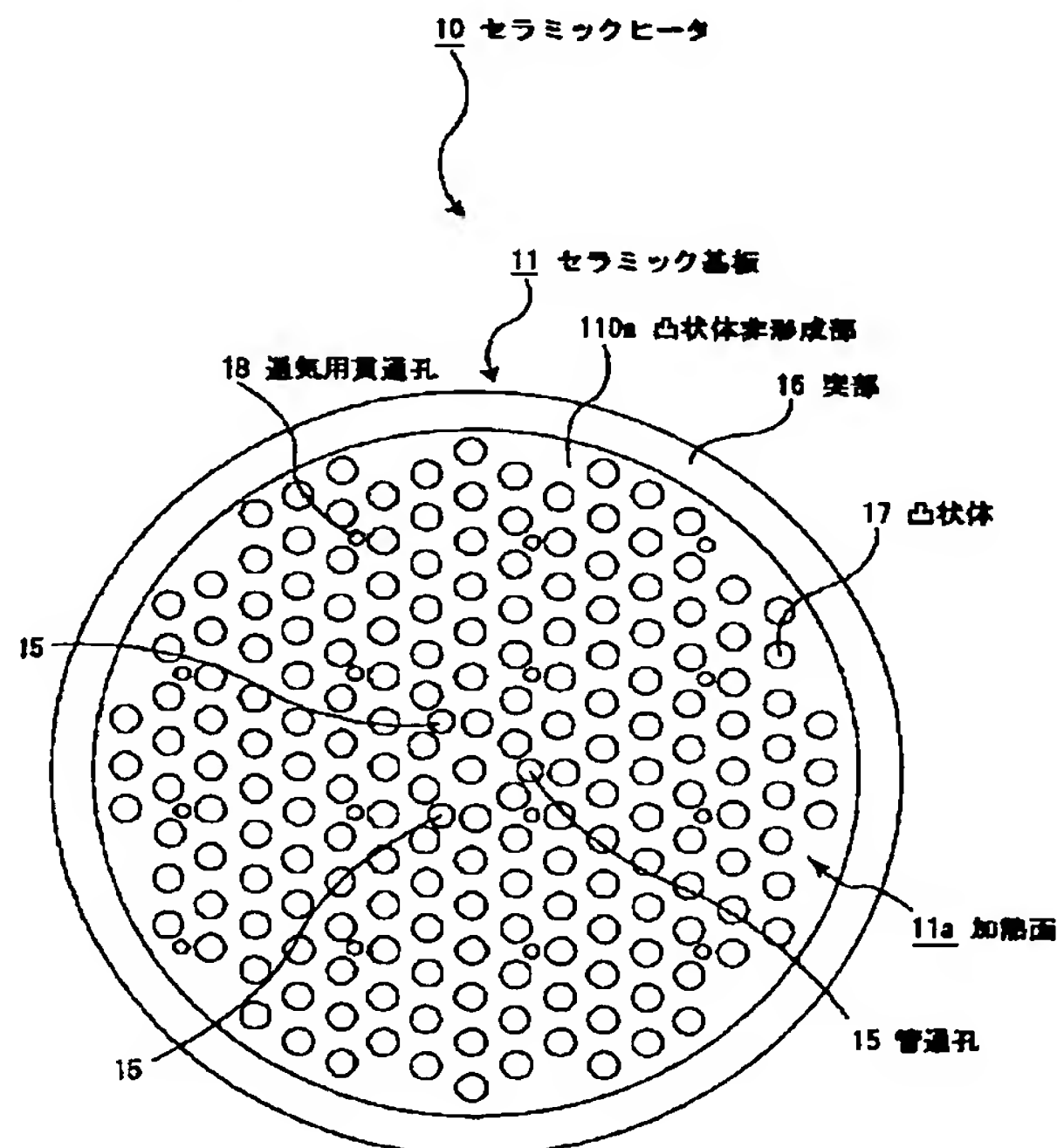
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体製造・検査装置用セラミック基板およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 迅速な昇温を行うことが可能であり、加熱面の温度ばらつきが小さく、半導体ウエハ等が熱衝撃により破損することのない半導体製造・検査装置用セラミック基板を提供すること。

【解決手段】 その表面または内部に抵抗発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、その外縁部には、半導体ウエハを嵌合させるための突部が形成され、上記突部の内側には、上記半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成されていることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 その表面または内部に抵抗発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、その外縁部には、半導体ウエハを嵌合させるための突部が形成され、前記突部の内側には、前記半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成されていることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板。

【請求項 2】 前記凸状体の上部は、平面により構成されている請求項 1 に記載の半導体製造・検査装置用セラミック基板。

【請求項 3】 その表面または内部に抵抗発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、その加熱面には、半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成され、前記凸状体の上部は、平面により構成されており、かつ、凸状体非形成部の J I S B 0 6 0 1 に基づく面粗度 R m a x は 1 ~ 1 0 0 μ m であり、前記凸状体の上部の面粗度 R m a x より大きいことを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板。

【請求項 4】 前記凸状体の上部の J I S B 0 6 0 1 に基づく面粗度 R m a x は、前記凸状体非形成部の R m a x より小さく、かつ 0 . 0 3 ~ 1 0 μ m である請求項 3 に記載の半導体製造・検査装置用セラミック基板。

【請求項 5】 凸状体非形成部には、複数の貫通孔が設けられている請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 に記載の半導体製造・検査装置用セラミック基板。

【請求項 6】 その表面または内部に抵抗発熱体が形成され、かつ、その加熱面には、半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成され、前記凸状体の上部は平面により構成された半導体製造・検査装置用セラミック基板の製造方法であって、少なくとも下記 ( a ) ~ ( c ) の工程を含むことを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板の製造方法。

( a ) 前記加熱面に前記多数の凸状体が形成されるとともに、その内部または表面に抵抗発熱体が形成されたセラミック基板を作製するセラミック基板作製工程、

( b ) 物理的および／または化学的方法により、前記凸状体非形成部の J I S B 0 6 0 1 に基づく面粗度 R m a x が 1 ~ 1 0 0 μ m となるように、前記セラミック基板の加熱面である前記凸状体の上部と、凸状体非形成部に粗化面を形成する粗化面形成工程、および ( c ) 前記凸状体の上部の面粗度 R m a x が、前記凸状体非形成部の面粗度 R m a x より小さくなるように、前記凸状体の上部に平滑化処理を施す平滑化工程。

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、主に半導体産業において、セラミックヒータ、静電チャック、ウエハプロパー用のチャップトップ板等に使用される半導体製造・検査装置用セラミック基板に関する。

## 【 0 0 0 2 】

【従来の技術】エッチング装置や、化学的気相成長装置等を含む半導体製造、検査装置等においては、従来、ステンレス鋼やアルミニウム合金などの金属製基材を用いたヒータが用いられてきた。

【 0 0 0 3 】ところが、このような金属製のヒータは、以下のような問題があった。金属製であるため、セラミック基板の厚みは、1 5 mm 程度と厚くしなければならない。なぜなら、薄い金属板では、加熱に起因する熱膨張により、反り、歪み等が発生してしまい、金属板上に載置した半導体ウエハが破損したり傾いたりしてしまうからである。しかしながら、セラミック基板の厚みを厚くすると、ヒータの重量が重くなり、また、嵩張ってしまうという問題があった。

【 0 0 0 4 】さらに、発熱体に印加する電圧や電流量を変えることにより、加熱温度を制御するのであるが、金属板が厚いために、電圧や電流量の変化に対してセラミック基板の温度が迅速に追従せず、温度制御しにくいという問題もあった。また、金属製であるため、腐食性ガスに対する耐蝕性も悪いという問題を抱えていた。

【 0 0 0 5 】これに対し、特開平 1 1 - 4 0 3 3 0 号公報等では、金属製のものに代えて、熱伝導率が高く、強度も大きい窒化物セラミックや炭化物セラミックを使用し、これらのセラミックからなるセラミック基板の表面に、金属粒子を焼結して形成した発熱体を設けているセラミックヒータが開示されている。

【 0 0 0 6 】このようなヒータは、加熱の際に熱膨張しても、セラミック基板に反り、歪み等は発生しにくく、印加電圧や電流量の変化に対する温度追従性も良好であった。

## 【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このような構成のセラミックヒータは、半導体ウエハ等を加熱する面（以下、加熱面という）が平面により構成されており、その上に半導体ウエハを載置すると、半導体ウエハの全面が加熱面と接触する。従って、この状態で半導体ウエハを加熱すると、セラミック基板表面の温度分布がそのまま半導体ウエハに反映され、半導体ウエハ等を均一に加熱することができず、その結果、半導体ウエハ等が熱衝撃により、破損するという問題が発生した。

【 0 0 0 8 】そこで、セラミック基板に形成された貫通孔等に挿通したリフターピン、または、セラミック基板の表面に設けた数本の支持ピン等を用い、半導体ウエハ等をセラミック基板表面からわずかに離間して保持し、加熱する方法をとった。この方法を用いると、セラミック基板からの輻射および雰囲気ガスの対流により半導体ウエハへ熱が伝わるため、セラミック基板表面の温度分布が、直接、半導体ウエハに反映されず、半導体ウエハのより均一な温度分布が実現する。

【 0 0 0 9 】しかしながら、この方法を用いると、セラミック基板と半導体ウエハとの間に空間が形成され、そ



の外縁部が開放されているため、セラミック基板と半導体ウエハとの間に存在する雰囲気ガスが外側に逃げやすく、温度の低い雰囲気ガスが入れ替わって入ってくることになる。このため、半導体ウエハの温度均一性が充分とは言えなかった。また、セラミック基板と半導体ウエハとの間に存在する雰囲気ガスが逃げやすいことに起因して、昇温速度も充分とは言えなかった。また、支持ピンでは、半導体ウエハがゆがんでしまい、温度の均一性が低下してしまう。

【0 0 1 0】なお、近年の半導体ウエハ等の大口径化等に伴って、より直径の大きいセラミックヒータが求められているが、セラミック基板の直径が大きくなるにつれて、セラミック基板自体の温度分布も発生しやすくなり、上記した半導体ウエハの温度の不均一や半導体ウエハのゆがみも益々発生しやすくなる。

【0 0 1 1】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上述した問題点を鑑み、迅速な昇温を行うことが可能であり、加熱面の温度ばらつきが小さく、半導体ウエハ等が熱衝撃により破損したりゆがんだりすることのないセラミック基板（セラミックヒータ）を得ることを目的として鋭意研究を行った結果、セラミック基板の加熱面に半導体ウエハ等と接触する多数の凸状体を形成することにより、迅速に昇温を行うことができ、加熱面を均一な温度とすることができることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0 0 1 2】すなわち、第一の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板は、その表面または内部に発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、その外縁部には、半導体ウエハを嵌合させるための突部が形成され、上記突部の内側には、上記半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成されていることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板である。

【0 0 1 3】第一の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板によれば、半導体ウエハ等の被加熱物がセラミック基板の表面全体と接触しないため、セラミック基板表面の温度分布がそのまま半導体ウエハに反映されず、また、熱の伝達が雰囲気ガスの対流や輻射によっても行われるため、半導体ウエハを均一な温度とすることができる。また、第一の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板によれば、半導体ウエハを嵌合させるための突部が形成されているため、セラミック基板からの輻射および雰囲気ガスの対流により、セラミック基板からの熱を逃がすことなく、半導体ウエハに伝達させることができ、セラミック基板の迅速な昇温が可能となる。また、ウエハはセラミック基板の外周突部に勘合しているためウエハ外周側面が雰囲気ガスに接触したり、ウエハ外周から熱を放射することもない。このためウエハ外周の温度が低下しない。また、セラミック基板外周

は温度が低くなるため、ウエハはセラミック基板外周に接触しないほうが好ましい。本発明では、外周突部の内側にウエハが存在するため、セラミック基板の低温部にウエハが接触しない。ところで、特開 2 0 0 0 - 1 0 6 3 9 2 号公報では、エンボスと外周の凸状体持つ静電チャックが開示されているが、外周凸部にウエハが接触しているため、ウエハが雰囲気ガスと接触したり、ウエハから放熱したりしてウエハの外周温度が低下してしまい、本発明の効果を実施できない。

【0 0 1 4】さらに、多数の凸状体は同じ高さで半導体ウエハと接触しているため、セラミック基板に反りやうねりが発生することはない。この反り等に起因する温度の不均一や破損等が発生することもない。外周の突部は、ウエハと勘合するため、多数の凸状体の高さよりも高い。つまり、外周の突部の上面は、凸状体の上面よりも高い位置にある。外周の突部の上面は、凸状体の上面の高さの差は、 $10\mu\text{m}$ ～ $5000\mu\text{m}$ が望ましい。高すぎても低すぎてもウエハの温度分布が大きくなってしまふからである。

【0 0 1 5】第一の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板において、上記凸状体の上部は、平面により構成されていることが望ましい。平面部分で支持することにより、熱伝導性が良好となり、また、半導体ウエハの表面が傷付くことを防止することができるからである。このような第一の本発明の温度均一性をさらに向上させたものが、第二の本発明である。第一の本発明では、凸状体および外周突部をドリル加工、化学エッチングなどの方法により形成する。凸状体の上部の面粗度と凸状体非形成面の面粗度が同じ場合、面粗度が大きすぎる場合は、凸状体の上部表面とウエハが充分接触せず、また、面粗度が小さすぎる場合は、雰囲気ガスが流動してしまい、いずれにせよウエハの温度の均一性を向上させる障害となることがわかった。また、凸状部非形成部の面粗度が大きくなるほどウエハと凸状部の密着性が向上する必要があると考えられる。凸状部非形成部の面粗度が大きくなるほど、加熱気体の流動性を抑制するのであるが、この加熱気体がウエハと凸状部の上面の隙間から流出することを防ぐ必要があるからである。第二の本発明は、凸状体の上面の面粗度よりも凸状体非形成面の面粗度を大きくしてウエハとの接触面積を確保し、かつ  $R_a$  ではなく、 $R_{max}$  で  $1\sim100\mu\text{m}$  として空気の流動を抑制することに成功したのである。

【0 0 1 6】すなわち、第二の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板は、その表面または内部に抵抗発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、その加熱面には、半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成され、上記凸状体の上部は、平面により構成されており、かつ、凸状体非形成部の  $JISB\ 0601$  に基づく面粗度  $R_{max}$  は  $1\sim100\mu\text{m}$  であり、上記凸状体の上部の面粗度  $R_{max}$  より大きい

ことを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板である。なお、 $R_{max}$ とは、任意の平均線から計った一番高いところ（山）の標高から一番低いところ

（谷）の標高を引いた標高差である。これに対して $R_a$ は、粗化面の断面曲線の絶対値を積分してこれを測定長さで除した数値であり、凹凸の平均値である。平均粗さを調整しても局所的に大きな高低が存在するとウエハとの接触が点接触になってしまい、ウエハと凸状体が十分に接触しない。また、面粗度を大きくして雰囲気ガスを滞留させるのであるが、局所的に大きな起伏が存在すると蓄熱しすぎてしまい、かえって加熱面温度が不均一化しやすいことを知見している。従って、 $R_a$ ではなく、 $R_{max}$ の調整が必要になる。 $R_a$ と $R_{max}$ には相関がなく、 $R_a$ が $0.1\mu m$ でも $R_{max}$ が $10\mu m$ となる場合もありえる。高低の平均値と高低差とは技術的な意味が全く異なるのである。

【0017】第二の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板によれば、半導体ウエハ等の被加熱物がセラミック基板の表面全体と接触しないため、セラミック基板表面の温度分布がそのまま反映されず、また、熱の伝達が雰囲気ガスの対流や輻射等によっても行われるため、半導体ウエハを均一な温度とすることができる。また、凸状体非形成部のJIS B 0601に基づく面粗度 $R_{max}$ が $1\sim 100\mu m$ に調整されているので、上記凸状体非形成部に形成された粗化面によって、加熱された雰囲気ガスを局所的に蓄熱させることなく滞留させることができるため、高い蓄熱効果を有することになり、上記効果に加え、迅速に半導体ウエハ等の被加熱物を加熱することが可能になる。 $R_{max}$ が $1\mu m$ 未満では、雰囲気ガスを滞留させることができず、 $R_{max}$ が $100\mu m$ を超えると蓄熱しすぎて加熱面の温度が不均一になる。さらに、凸状体の上部の面粗度 $R_{max}$ が、上記凸状体非形成部の面粗度より小さく調整されているので、平滑面である上記凸状体の上部と、半導体ウエハとの接触面積が増加することになる。その結果、セラミック基板からの熱を半導体ウエハへ効率よく伝導させることができ、迅速に半導体ウエハ等の被加熱物を加熱することが可能になる。

【0018】このように、第二の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板では、半導体ウエハと接触しない凸状体非形成部に、高い蓄熱効果を有するように粗化面が形成され、半導体ウエハと接触する凸状体の上部には、半導体ウエハとの接触面積を増加させるために平滑面が形成されているため、迅速に半導体ウエハ等の被加熱物を加熱することができるとともに、半導体ウエハの温度を均一にすることができるのである。なお、第二の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板には、第一の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板と同様に、外縁部に、半導体ウエハを嵌合させるための突部が形成されていてもよい。

【0019】また、第二の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板において、上記凸状体の上部のJIS B 0601に基づく面粗度 $R_{max}$ は、 $0.03\sim 10\mu m$ であることが望ましい。凸状体の上部に上記平滑面が形成されることにより、半導体ウエハ等の被加熱物と凸状体との接触面積を大きくとることができ、その結果、半導体ウエハ等の被加熱物を均一な温度とすることができるとともに、被加熱物を迅速に加熱することができる。さらに第二の発明では面粗度を調整することで面内温度の均一性を確保しているため、必ずしも外周部の突部は必要としない。

【0020】第一および第二の本発明のセラミック基板において、凸状体非形成部には、複数の貫通孔が設けられていることが望ましい。この貫通孔より加熱媒体や冷却媒体を流通させ、半導体ウエハ等の加熱、冷却を行うことにより、より迅速に昇温・降温を行うことができるからである。また、第一の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板によれば、半導体ウエハを嵌合させるための突部が形成されているため、この貫通孔を利用して吸引を行うことにより、セラミック基板にチャック機能を持たせることができる。

【0021】本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板の製造方法は、その表面または内部に抵抗発熱体が形成され、かつ、その加熱面には、半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成され、上記凸状体の上部は平面により構成された半導体製造・検査装置用セラミック基板の製造方法であって、少なくとも下記（a）～

（c）の工程を含むことを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板の製造方法である。

（a）上記加熱面に上記多数の凸状体が形成されるとともに、その内部または表面に抵抗発熱体が形成されたセラミック基板を作製するセラミック基板作製工程、

（b）物理的または化学的方法により、上記凸状体非形成部の面粗度 $R_{max}$ が $1\sim 100\mu m$ となるように、上記セラミック基板の加熱面である上記凸状体の上部と、凸状体非形成部とに粗化面を形成する粗化面形成工程、および、（c）上記凸状体の上部の面粗度 $R_{max}$ が、上記凸状体非形成部の面粗度 $R_{max}$ より小さくなるように、上記凸状体の上部に平滑化処理を施す平滑化工程。

【0022】本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板の製造方法によれば、上述したように、迅速に半導体ウエハ等の被加熱物を加熱することができ、かつ、半導体ウエハの温度を均一にすることが可能な第二の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板を得ることができる。また、本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板の製造方法によれば、上記セラミック基板の加熱面全面に粗化面を形成した後、上記凸状体の上部に平滑化処理を施し平滑面を形成するため、凸状体の上面の面粗度を、凸状体非形成部の上面の面粗度よりも小



さくすることが容易に可能となる。ところで、特開 2 0 0 0 - 1 0 6 3 9 2 号公報では、ブラスト処理もしくは C V D 処理により、凸状部およびエンボスを形成しているが、前者の方法では、凸状体の上面の面粗度と凸状体非形成部の上面の面粗度が同じになり、後者の方法では C V D で析出したセラミックの面粗度が R m a x で 1 0 0 0 μ m 以上と大きくなってしまうため、いずれにせよ本発明のように凸状体の上面の面粗度を、凸状体非形成部の上面の面粗度よりも小さくすることは不可能である。ブラスト処理を実施する場合、ブラスト処理で除去しない部分にマスクを形成するのであるが、アンダーカットと呼ばれるマスク下がえぐれてしまう現象が生じる。このため、マスクを除去して全体をブラスト処理してアンダーカットを除去するという手順が必要になるが、この処理を実施することで全体が均一に粗化されてしまい、本発明の「凸状体の上面の面粗度を、凸状体非形成部の上面の面粗度よりも小さくする」という構成を実現できない。

#### 【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】第一の本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板は、その表面または内部に発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、その外縁部には、半導体ウエハを嵌合させるための突部が形成され、上記突部の内側には、上記半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成されていることを特徴とする。なお、以下の説明においては、半導体製造・検査装置用セラミック基板を、単に、セラミック基板ともいうことにする。

【 0 0 2 4 】第一の本発明のセラミック基板に、抵抗発熱体のみが形成されている場合には、セラミックヒータとして使用することができる。そこで、まず、第一の本発明のセラミック基板をセラミックヒータとして使用する場合について説明する。図 1 は、第一の本発明に係るセラミックヒータにおける加熱面の一例を模式的に示す平面図であり、図 2 は、図 1 に示すセラミックヒータの一部を模式的に示す断面図である。また、図 3 は、図 1 に示すセラミックヒータを模式的に示す底面図である。なお、このセラミックヒータでは、セラミック基板の内部に抵抗発熱体が形成されている。

【 0 0 2 5 】図 1 に示したように、セラミック基板 1 1 は、円板状に形成されており、セラミック基板の加熱面 1 1 a の外縁部には、半導体ウエハを嵌合させるための円環状の突部 1 6 が一体的に形成され、突部 1 6 の内側には、上記半導体ウエハと接触する多数の凸状体 1 7 が形成されている。また、凸状体 1 7 が形成されていない凸状体非形成部 1 1 0 a には、底面 1 1 b に抜ける複数の通気用貫通孔 1 8 が形成されている。なお、通気用貫通孔 1 8 は、例えば、後述するように加熱媒体または冷却媒体の供給に利用できるほか、半導体ウエハ等の吸引吸着等にも使用することができるが、第一の本発明にお

いて必須のものではない。

【 0 0 2 6 】また、セラミックヒータ 1 0 の加熱面 1 1 a の全体の温度が均一になるように加熱するため、セラミック基板 1 1 の内部には、図 3 に示すように、同心円状のパターンからなる抵抗発熱体 1 2 が形成されている。

【 0 0 2 7 】そして、抵抗発熱体 1 2 の端部の直下には、スルーホール 1 9 が形成され、さらに、このスルーホール 1 9 を露出させる袋孔 1 9 a が底面 1 1 b に形成され、袋孔 1 9 a には外部端子 1 3 が挿入され、ろう材等（図示せず）で接合されている。また、外部端子 1 3 には、例えば、導電線を有するソケット（図示せず）が取り付けられ、この導電線は電源等に接続されている。また、セラミック基板 1 1 の中央に近い部分には、半導体ウエハ 3 9 の運搬等を行うリフターピン 3 6 を挿通するためのリフターピン用貫通孔 1 5 が形成され、さらに測温素子（図示せず）を挿入するための有底孔 1 4 が形成されている。

【 0 0 2 8 】図 4 は、第一の本発明の他の実施形態である、表面に抵抗発熱体が形成されたセラミックヒータの加熱面の一例を模式的に示す平面図であり、図 5 は、図 4 に示したセラミックヒータの一部を模式的に示す部分拡大断面図であり、図 6 は、図 4、5 に示したセラミックヒータを備えたホットプレートユニットを模式的に示す断面図である。

【 0 0 2 9 】このセラミックヒータ 2 0 では、円板状に形成されたセラミック基板 2 1 の底面に、図 3 に示したパターンと同形状の同心円状のパターンからなる抵抗発熱体 2 2 が形成されており、その両端に、入出力の端子となる外部端子 2 3 が金属被覆層 2 2 0 を介して接続されている。

【 0 0 3 0 】また、セラミック基板 2 1 の加熱面 2 1 a の外縁部には、半導体ウエハを嵌合させるための円環状の突部 2 6 が形成され、突部 2 6 の内側には、上記半導体ウエハと接触する多数の凸状体 2 7 が形成されている。また、凸状体 2 7 が形成されていない凸状体非形成部 2 1 0 a には、複数の通気用貫通孔 2 8 が形成されている。ただし、このセラミック基板 2 1 の突部 2 6 には、加熱媒体や冷却媒体を逃がすための溝 2 6 a が 4 か所形成されている点が、図 1 ～ 3 に示したセラミックヒータ 1 0 の場合と異なる。

【 0 0 3 1 】一方、支持容器 9 0 の上部に設けられた断熱部材 9 1 の下部内側には、抵抗発熱体 2 2 を有するセラミック基板 2 1 を支持するための基板受け部 9 1 a が一体的に形成されており、断熱部材 9 1 の下面に、有底円筒形状の支持容器本体 9 2 がボルト 9 8 を用いて取り付けられ、固定されている。

【 0 0 3 2 】このボルト 9 8 は、押さえ用金具 9 7 を固定する働きも有しており、この押さえ用金具 9 7 により、断熱部材 9 1 に嵌め込まれたセラミック基板 2 1 が

基板受け部 2 1 a に押しつけられ、固定されている。

【0 0 3 3】支持容器本体 9 2 の底部には、ガス導入管 9 9 が設けられており、このガス導入管 9 9 を介して加熱媒体や冷却媒体が支持容器 9 0 の内部に導入されるようになっている。

【0 0 3 4】支持容器 9 0 の内部に導入された加熱媒体や冷却媒体は、セラミック基板 2 1 を冷却したり、加熱したりするほか、通気用貫通孔 2 8 を通って凸状体非形成部 2 1 0 a の空間に達し、セラミック基板 2 1 上に載置されたシリコンウエハ 9 を直接、加熱または冷却し、突部 2 6 に形成された溝 2 6 a を通って外部に排出される。

【0 0 3 5】図 4、5 に示したセラミックヒータでは、突部 2 6 に溝 2 6 a を形成することにより、加熱媒体や冷却媒体を凸状体非形成部 2 1 0 a の空間に導入し、溝 2 6 a より排出しているが、一の通気用貫通孔 2 8 から凸状体非形成部 2 1 0 a の空間に導入した加熱媒体や冷却媒体を他の通気用貫通孔 2 8 から排出させることにより、シリコンウエハ等を直接冷却したり、加熱してもよい。この場合には、ガス導入管 9 9 の先端が通気用貫通孔 2 8 と接触するようにし、ガス導入管 9 9 から、直接、通気用貫通孔 2 8 に加熱媒体や冷却媒体を吹き込めばよい。また、この際には、支持容器本体 9 2 に貫通孔を形成し、加熱媒体や冷却媒体を排出する。

【0 0 3 6】図 1 に示したように、第一の本発明に係るセラミックヒータでは、セラミック基板の外縁部に平面視円環状の突部が形成されているが、この突部は、その内周の直径と、半導体ウエハの直径とが概ね等しくなるように形成されていることが望ましい。半導体ウエハ等を嵌合させ、セラミック基板からの輻射および雰囲気ガスの対流により半導体ウエハ等へ伝わる熱を逃がさないためである。ただし、上記突部の内周の直径は、半導体ウエハの直径より少し大きくても問題はない。突部の内側に、平面視円環形状で凸状体と同じ高さの平面部を形成しておけば、加熱媒体または冷却媒体が半導体ウエハの周辺から漏れるのを防止することができるからである。また、上記突部は、連続した円環形状ではなく、図 4 に示したように、不連続な円環形状であってもよい。

【0 0 3 7】上記突部は、通常、縦断面が矩形となるように構成されているが、半導体ウエハ等の嵌合を容易に行うため、上部の内周側は曲面により形成されていてもよい。また、突部は、その縦断面が楕円の一部となるように形成されていてもよく、円と一部となるように形成されていてもよい。

【0 0 3 8】上記突部の厚さは 0. 3 mm 以上であることが望ましい。半導体ウエハを嵌め込んで、固定させるためである。突部の厚さが 0. 3 mm 未満であると、半導体ウエハをセラミック基板に載置した際、確実に固定することが困難であり、加熱の途中等で半導体ウエハ等の位置がずれてしまうおそれがある。

【0 0 3 9】凸状体 1 7 は、凸状体非形成部からの高さが全て同一となるように形成されている。凸状体を全て半導体ウエハと接触させることで、セラミック基板から半導体ウエハへ熱を均一に伝導させることができるからである。一方、凸状体 1 7 の高さが不均一である場合、セラミック基板と半導体ウエハとの接触する箇所が、点在または偏在するため、半導体ウエハに特異点（接触部分の温度が高いホットスポットや温度が低いクーリングスポット）が発生してしまう。

【0 0 4 0】また、凸状体 1 7 は、全て同形状で、規則的に、かつ、等間隔に配列されていることが望ましい。セラミック基板から半導体ウエハへ熱を均一に伝導させることができるからである。

【0 0 4 1】図 7 は、第一の本発明に係るセラミックヒータに形成された凸状体を模式的に示す部分拡大断面図である。（a）に示した凸状体 1 7 0 は円柱状であり、上部が平面により構成されている。（b）に示した凸状体 1 7 1 は、略円柱状であり、上面と側面との間は曲面により形成されている。（c）に示した凸状体 1 7 2 は、半球形状であり、（d）に示した凸状体 1 7 3 は、円錐状である。

【0 0 4 2】上記セラミックヒータに形成される凸状体は、凸状体 1 7 0、1 7 1 のように、上部が平面により構成されていることが望ましい。凸状体と半導体ウエハとが面接触するため、セラミック基板から半導体ウエハに熱が伝導しやすく、また、半導体ウエハが傷つきにくいからである。ただし、凸状体の形状は特に限定されず、凸状体 1 7 2、1 7 3 のように、凸状体と半導体ウエハが点接触する、半球形状または円錐状であってもよい。

【0 0 4 3】突部 1 6 の内側に形成された多数の凸状体の高さ（凸状体非形成部の深さ）は、5 ~ 5 0 0 0  $\mu\text{m}$  であることが望ましく、5 ~ 5 0 0  $\mu\text{m}$  であることがより望ましい。凸状体の高さが 5  $\mu\text{m}$  未満であると、凸状体非形成部と半導体ウエハとの距離が短すぎるため、セラミック基板の温度分布が半導体ウエハに直接反映されやすくなり、一方、凸状体の高さが 5 0 0 0  $\mu\text{m}$  を超えると、凸状体非形成部の深さが深すぎ、加工作業に時間がかかるとともに、加工経費も増加する。

【0 0 4 4】また、各凸状体は、その中心間の距離が、0. 6 ~ 1 2 mm となるように間隔をあけて形成されていることが望ましい。中心間の距離が 0. 6 mm 未満であると、半導体ウエハとセラミック基板との接触面積が大きくなりすぎ、セラミック基板の温度分布が半導体ウエハの温度分布に反映されやすくなる。一方、中心間の距離が 1 2 mm を超えると、載置した半導体ウエハに力が作用した際、一の凸状体に作用する力が大きくなり、半導体ウエハに反りや破損等が発生しやすい。

【0 0 4 5】凸状体 1 個あたりの半導体ウエハとの接触面積は、3 1 4  $\text{mm}^2$  以下であることが望ましい。3 1



4 mm<sup>2</sup> を超えると、その凸状体1個と半導体ウエハとの接触面内で温度のばらつきが発生するおそれがあるからである。なお、凸状体の配置は、セラミック基板の中心部分と外周部分とにおいて、その存在密度を変えてもよい。例えば、中心部分においては、凸状体を疎にして、外周部分においては、凸状体を密にする配置等を挙げることができる。

【0046】第一の本発明に係るセラミックヒータの突部16に嵌合される半導体ウエハ39の面積に対する、凸状体17が半導体ウエハ39と接触する面積の比の百分率をS(%)とすると、0.05 ≤ S ≤ 95%であることが望ましい。

【0047】セラミック基板から凸状体を介して半導体ウエハに伝導する熱は、セラミック基板と半導体ウエハとが接しているため、直接かつ迅速に伝わるが、加熱面の温度のばらつきをそのまま反映し、半導体ウエハに温度のばらつきが発生しやすい傾向にあり、一方、セラミック基板からの輻射および雰囲気ガスの対流により半導体ウエハ等へ伝わる熱は、空間や雰囲気ガス等の流体を介して伝わるため、平均化されやすく、半導体ウエハの温度も均一化されやすい傾向にある。

【0048】すなわち、Sが上記範囲内にあると、セラミック基板から凸状体を介して半導体ウエハに伝導する熱と、セラミック基板からの輻射および雰囲気ガスの対流により半導体ウエハ等へ伝わる熱とのバランスがとれるため、半導体ウエハ等を迅速に加熱することができ、かつ、加熱面が均一な温度となる。

【0049】Sが0.05%未満であると、凸状体と半導体ウエハとの接触する面積が小さいため、セラミック基板から半導体ウエハ等に伝導する熱が減少し、半導体ウエハ等を迅速に加熱することができない。また、Sが95%を超えると、凸状体と半導体ウエハとが接触する面積が大きくなるため、加熱面を均一な温度とすることが困難となる。

【0050】第一の本発明に係るセラミックヒータは、上述のように、セラミック基板の外縁部には、半導体ウエハを嵌合させるための突部が形成され、上記突部の内側には、上記半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成されているため、セラミック基板表面の温度分布が半導体ウエハに反映されることがなく、加熱面を均一な温度とすることができ、また、セラミック基板からの輻射および雰囲気ガスの対流により伝わる熱を逃がすことなく半導体ウエハに伝達させることができるため、セラミックヒータの迅速な昇温が可能である。

【0051】また、セラミック基板11には、凸状体非形成部110aに複数の通気用貫通孔18が形成されていることが望ましい。熱風等の加熱媒体を供給することにより、迅速に昇温することかできるからである。

【0052】通気用貫通孔18は、全て同形状であり、規則的に、かつ、等間隔に配列されていることが望まし

い。熱風等の加熱媒体を供給した際、半導体ウエハを均一な温度にすることができるからである。また、通気用貫通孔18は、図1に示すように、隣接する凸状体17から、等間隔の位置に形成されていることが望ましい。熱風等の加熱媒体がスムーズに拡散するからである。

【0053】通気用貫通孔18の数は、1～500個/100 mm<sup>2</sup> が好ましい。1個/100 mm<sup>2</sup> 未満であると、熱風等の加熱媒体を十分に供給することが困難であり、500個/100 mm<sup>2</sup> を超えると、セラミック基板の強度が低くなってしまふからである。

【0054】通気用貫通孔18の直径は、0.5～15 mmであることが望ましい。0.5 mm未満であると、加熱媒体等の供給時における圧力損失が大きくなるため、スムーズに加熱媒体を供給することができず、15 mmを超えると、セラミック基板の強度が低くなってしまふからである。

【0055】なお、通気用貫通孔から供給する加熱媒体は、半導体ウエハを汚染しない観点から、気体を加熱した熱風であることが望ましい。気体としては、例えば、窒素、アルゴン、ヘリウム、フロン等の不活性気体、空気等が挙げられる。

【0056】上述のように、通気用貫通孔を形成し、熱風等の加熱媒体を供給して、強制的に循環させることにより、半導体ウエハの温度をより均一にすることができ、さらに迅速に昇温することができる。また、上記通気用貫通孔から、冷却媒体を供給することで、半導体ウエハを迅速に降温することができる。また、上記通気用貫通孔から吸引して、半導体ウエハを吸着し固定することも可能である。

【0057】なお、上記冷却媒体は、半導体ウエハを汚染しない観点から、気体であることが望ましい。気体としては、例えば、窒素、アルゴン、ヘリウム、フロン等の不活性気体、空気等が挙げられる。

【0058】第一の本発明のセラミックヒータにおける、セラミック基板の直径は、200 mm以上が望ましい。大きな直径を持つセラミックヒータほど、加熱時に半導体ウエハの温度が不均一化しやすいため、第一の本発明の構成が有効に機能するからである。また、このような大きな直径を持つ基板は、大口径の半導体ウエハを載置することができるからである。セラミック基板の直径は、特に12インチ(300 mm)以上であることが望ましい。次世代の半導体ウエハの主流となるからである。

【0059】また、第一の本発明のセラミックヒータにおけるセラミック基板の厚さは、25 mm以下であることが望ましい。上記セラミック基板の厚さが25 mmを超えると温度追従性が低下するからである。また、その厚さは、0.5 mm以上であることが望ましい。0.5 mmより薄いと、セラミック基板の強度自体が低下するため破損しやすくなる。より望ましくは、1.5を超え



5mm以下である。5mmより厚くなると、熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が低下する傾向が生じ、一方、1. 5mm以下であると、セラミック基板中を伝搬する熱が十分に拡散しないため加熱面に温度ばらつきが発生することがあり、また、セラミック基板の強度が低下して破損する場合があるからである。

【0060】第一の本発明のセラミックヒータ10において、セラミック基板11には、被加熱物を載置する加熱面11aの反対側から加熱面11aに向けて有底孔14を設けるとともに、有底孔14の底を抵抗発熱体12よりも相対的に凸状体非形成部110aに近く形成し、この有底孔14に熱電対等の測温素子（図示せず）を設けるとが望ましい。

【0061】また、有底孔14の底と凸状体非形成部110aとの距離は、0.1mm～セラミック基板の厚さの1/2であることが望ましい。これにより、測温場所が抵抗発熱体12よりも凸状体非形成部110aに近くなり、より正確な半導体ウエハの温度の測定が可能となるからである。

【0062】有底孔14の底と凸状体非形成部110aとの距離が0.1mm未満では、放熱してしまい、加熱面11aに温度分布が形成され、厚さの1/2を超えると、抵抗発熱体の温度の影響を受けやすくなり、温度制御できなくなり、やはり加熱面11aに温度分布が形成されてしまうからである。

【0063】有底孔14の直径は、0.3mm～5mmであることが望ましい。これは、大きすぎると放熱性が大きくなり、また小さすぎると加工性が低下して凸状体非形成部110aとの距離を均等にすることができなくなるからである。

【0064】有底孔14は、図3に示したように、セラミック基板11の中心に対して対称で、かつ、十字を形成するように複数配列することが望ましい。これは、加熱面全体の温度を測定することができるからである。

【0065】上記測温素子としては、例えば、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ等が挙げられる。また、上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602（1980）に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対等が挙げられるが、これらのなかでは、K型熱電対が好ましい。

【0066】上記熱電対の接合部の大きさは、素線の径と同じが、または、それよりも大きく、0.5mm以下であることが望ましい。これは、接合部が大きい場合は、熱容量が大きくなって応答性が低下してしまうからである。なお、素線の径より小さくすることは困難である。

【0067】上記測温素子は、金ろう、銀ろうなどを使用して、有底孔14の底に接着してもよく、有底孔14に挿入した後、耐熱性樹脂で封止してもよく、両者を併用してもよい。上記耐熱性樹脂としては、例えば、熱硬

化性樹脂、特にエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂などが挙げられる。これらの樹脂は、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0068】上記金ろうとしては、37～80.5重量% Au-63～19.5重量% Cu合金、81.5～82.5重量% : Au-18.5～17.5重量% : Ni合金から選ばれる少なくとも1種が望ましい。これらは、熔融温度が、900℃以上であり、高温領域でも溶解しにくいためである。銀ろうとしては、例えば、Ag-Cu系のものを使用することができる。

【0069】第一の本発明のセラミックヒータを形成するセラミックは、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックであることが望ましい。窒化物セラミックや炭化物セラミックは、熱膨張係数が金属よりも小さく、機械的な強度が金属に比べて格段に高いため、セラミック基板の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしない。そのため、セラミック基板を薄くて軽いものとすることができる。さらに、セラミック基板の熱伝導率が高く、セラミック基板自体が薄いため、セラミック基板の表面温度が、抵抗発熱体の温度変化に迅速に追従する。即ち、電圧、電流値を変えて抵抗発熱体の温度を変化させることにより、セラミック基板の表面温度を制御することができるのである。

【0070】上記窒化物セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0071】また、炭化物セラミックとしては、例えば、炭化ケイ素、炭化ジルコニウム、炭化チタン、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0072】これらのなかでは、窒化アルミニウムが最も好ましい。熱伝導率が180W/m・Kと最も高く、温度追従性に優れるからである。

【0073】なお、セラミック基板として窒化物セラミックまたは炭化物セラミック等を使用する際、必要により、絶縁層を形成してもよい。窒化物セラミックは酸素固溶等により、高温で体積抵抗値が低下しやすく、また炭化物セラミックは特に高純度化しない限り導電性を有しており、絶縁層を形成することにより、高温時あるいは不純物を含有していても回路間の短絡を防止して温度制御性を確保できるからである。

【0074】上記絶縁層としては、酸化物セラミックが望ましく、具体的には、シリカ、アルミナ、ムライト、コージュライト、ベリリア等を使用することができる。このような絶縁層としては、アルコキシドを加水分解重合させたゾル溶液をセラミック基板にスピンコートして乾燥、焼成を行ったり、スパッタリング、CVD等で形成してもよい。また、セラミック基板表面を酸化処理し

て酸化物層を設けてもよい。

【0075】上記絶縁層は、0.1～1000 $\mu$ mであることが望ましい。0.1 $\mu$ m未満では、絶縁性を確保できず、1000 $\mu$ mを超えると抵抗発熱体からセラミック基板への熱伝導性を阻害してしまうからである。さらに、上記絶縁層の体積抵抗率は、上記セラミック基板の体積抵抗率の10倍以上（同一測定温度）であることが望ましい。10倍未満では、回路の短絡を防止できないからである。

【0076】また、第一の本発明のセラミック基板は、カーボンを含有し、その含有量は、200～5000ppmであることが望ましい。電極を隠蔽することができ、また黒体輻射を利用しやすくなるからである。

【0077】なお、上記セラミック基板は、明度がJIS Z 8721の規定に基づく値でN4以下のものであることが望ましい。この程度の明度を有するものが輻射熱量、隠蔽性に優れるからである。ここで、明度のNは、理想的な黒の明度を0とし、理想的な白の明度を10とし、これらの黒の明度と白の明度との間で、その色の明るさの知覚が等歩度となるように各色を10分割し、N0～N10の記号で表示したものである。そして、実際の測定は、N0～N10に対応する色票と比較して行う。この場合の小数点1位は0または5とする。

【0078】また、第一の本発明においては、抵抗発熱体をセラミック基板の表面（底面）に形成してもよく、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に埋設してもよい。抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合は、上記抵抗発熱体は、加熱面の反対側の面から厚さ方向に60%以下の位置に形成されていることが望ましい。60%を超えると、加熱面に近すぎるため、上記セラミック基板内を伝搬する熱が十分に拡散されず、加熱面に温度ばらつきが発生してしまうからである。

【0079】抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合には、抵抗発熱体形成層を複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは、相互に補完するようにどこかの層に抵抗発熱体が形成され、加熱面の上方から見ると、どの領域にもパターンが形成されている状態が望ましい。このような構造としては、例えば、互いに千鳥の配置になっている構造が挙げられる。なお、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設け、かつ、その抵抗発熱体を一部露出させてもよい。

【0080】また、セラミック基板の表面に抵抗発熱体を設ける場合は、加熱面は抵抗発熱体形成面の反対側であることが望ましい。セラミック基板が熱拡散の役割を果たすため、加熱面の温度均一性を向上させることができるからである。

【0081】抵抗発熱体をセラミック基板の表面に形成する場合には、金属粒子を含む導体ペーストをセラミック基板の表面に塗布して所定パターンの導体ペースト層を形成した後、これを焼き付け、セラミック基板の表面

で金属粒子を焼結させる方法が好ましい。なお、金属の焼結は、金属粒子同士および金属粒子とセラミックとが融着していれば充分である。

【0082】セラミック基板の内部に抵抗発熱体を形成する場合には、その厚さは、1～50 $\mu$ mが好ましい。また、セラミック基板の表面に抵抗発熱体を形成する場合には、この抵抗発熱体の厚さは、1～30 $\mu$ mが好ましく、1～10 $\mu$ mがより好ましい。

【0083】また、セラミック基板11の内部に抵抗発熱体を形成する場合には、抵抗発熱体の幅は、5～20 $\mu$ mが好ましい。また、セラミック基板11の表面に抵抗発熱体を形成する場合には、抵抗発熱体の幅は、0.1～20mmが好ましく、0.1～5mmがより好ましい。

【0084】抵抗発熱体は、その幅や厚さにより抵抗値に変化を持たせることができるが、上記した範囲が最も実用的である。抵抗値は、薄く、また、細くなる程大きくなる。抵抗発熱体は、セラミック基板の内部に形成した場合の方が、厚み、幅とも大きくなるが、抵抗発熱体を内部に設けると、加熱面と抵抗発熱体との距離が短くなり、表面の温度の均一性が低下するため、抵抗発熱体自体の幅を広げる必要があること、内部に抵抗発熱体を設けるために、窒化物セラミック等との密着性を考慮する必要性がないため、タングステン、モリブデンなどの高融点金属やタングステン、モリブデンなどの炭化物を使用することができ、抵抗値を高くすることが可能となるため、断線等を防止する目的で厚み自体を厚くしてもよい。そのため、抵抗発熱体は、上記した厚みや幅とすることが望ましい。

【0085】抵抗発熱体の形成位置をこのように設定することにより、抵抗発熱体から発生した熱が伝搬していくうちに、セラミック基板全体に拡散し、被加熱物（半導体ウエハ）を加熱する面の温度分布が均一化され、その結果、被加熱物の各部分における温度が均一化される。

【0086】また、第一の本発明のセラミックヒータにおける抵抗発熱体のパターンとしては、図3に示した、同心円形状のパターンに限らず、例えば、渦巻き状のパターン、偏心円状のパターン、屈曲線の繰り返しパターン等も用いることができる。また、これらは併用してもよい。また、最外周に形成された抵抗発熱体パターンを、円周方向に分割されたパターンとすることで、温度が低下しやすいセラミックヒータの最外周で細かい温度制御を行うことが可能となり、セラミックヒータの温度のばらつきを抑えることが可能である。さらに、円周方向に分割された抵抗発熱体のパターンは、セラミック基板の最外周に限らず、その内部にも形成してもよい。

【0087】抵抗発熱体は、断面が矩形であっても楕円であってもよいが、偏平であることが望ましい。偏平の方が加熱面に向かって放熱しやすいため、加熱面の温度



分布ができにくいからである。断面のアスペクト比（抵抗発熱体の幅／抵抗発熱体の厚さ）は、10～5000であることが望ましい。この範囲に調整することにより、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることができるとともに、加熱面の温度の均一性を確保することができるからである。

【0088】抵抗発熱体の厚さを一定とした場合、アスペクト比が上記範囲より小さいと、セラミック基板の加熱面方向への熱の伝搬量が小さくなり、抵抗発熱体のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまい、逆にアスペクト比が大きすぎると抵抗発熱体の中央の直上部分が高温となってしまう、結局、抵抗発熱体のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまう。従って、温度分布を考慮すると、断面のアスペクト比は、10～5000であることが好ましいのである。

【0089】抵抗発熱体をセラミック基板の表面に形成する場合は、アスペクト比を10～200、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合は、アスペクト比を200～5000とすることが望ましい。

【0090】抵抗発熱体は、セラミック基板の内部に形成した場合の方が、アスペクト比が大きくなるが、これは、抵抗発熱体を内部に設けると、加熱面と抵抗発熱体との距離が短くなり、表面の温度均一性が低下するため、抵抗発熱体自体を偏平にする必要があるからである。

【0091】また、抵抗発熱体を形成する際に用いる、導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するための金属粒子または導電性セラミックが含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

【0092】上記金属粒子としては、例えば、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケルなどが好ましく、中でも、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）がより好ましい。また、これらは、単独で用いてもよいが、2種以上を併用することが望ましい。これらの金属は、比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。上記導電性セラミックとしては、例えば、タングステン、モリブデンの炭化物などが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0093】これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、0.1～100 $\mu\text{m}$ が好ましい。0.1 $\mu\text{m}$ 未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、100 $\mu\text{m}$ を超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるからである。

【0094】上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってもよい。上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属酸化物を

保持しやすくなり、抵抗発熱体と窒化物セラミック等との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

【0095】導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などが挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコールなどが挙げられる。増粘剤としては、セルロースなどが挙げられる。

【0096】導体ペーストには、上記したように、金属粒子に金属酸化物を添加し、抵抗発熱体を金属粒子および金属酸化物を焼結させたものとするのが望ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、セラミック基板である窒化物セラミックまたは炭化物セラミックと金属粒子とを密着させることができる。

【0097】金属酸化物を混合することにより、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックと密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や窒化物セラミック、炭化物セラミックの表面は、わずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとが密着するのではないかと考えられる。

【0098】上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ $\text{B}_2\text{O}_3$ ）、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれる少なくとも1種が好ましい。

【0099】これらの酸化物は、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとの密着性を改善することができるからである。

【0100】上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ $\text{B}_2\text{O}_3$ ）、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が1～10、シリカが1～30、酸化ホウ素が5～50、酸化亜鉛が20～70、アルミナが1～10、イットリアが1～50、チタニアが1～50であって、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが望ましい。これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特に窒化物セラミックとの密着性を改善することができる。上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。

【0101】また、抵抗発熱体として金属箔や金属線を使用することもできる。上記金属箔としては、ニッケル箔、ステンレス箔をエッチング等でパターン形成して抵抗発熱体としたものが望ましい。パターン化した金属箔は、樹脂フィルム等ではり合わせてもよい。金属線としては、例えば、タングステン線、モリブデン線等が挙げられる。



【0102】また、抵抗発熱体を形成した際の面積抵抗率は、 $0.1 \sim 10 \Omega/\square$ が好ましい。面積抵抗率が  $0.1 \Omega/\square$ 未満の場合、発熱量を確保するために、抵抗発熱体パターンの幅を  $0.1 \sim 1 \text{ mm}$ 程度と非常に細くしなければならず、このため、パターンのわずかな欠け等で断線したり、抵抗値が変動し、また、面積抵抗率が  $10 \Omega/\square$ を超えると、抵抗発熱体パターンの幅を大きくしなければ、発熱量を確保できず、その結果、パターン設計の自由度が低下し、加熱面の温度を均一にすることが困難となるからである。

【0103】抵抗発熱体がセラミック基板21の表面に形成される場合には、抵抗発熱体の表面部分に、金属被覆層（図5参照）220が形成されていることが望ましい。内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化することを防止するためである。形成する金属被覆層220の厚さは、 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ が好ましい。

【0104】金属被覆層220を形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケルなどが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらのなかでは、ニッケルが好ましい。

【0105】抵抗発熱体22には、電源と接続するための端子が必要であり、この端子は、半田を介して抵抗発熱体22に取り付けるが、ニッケルは、半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、例えば、コバール製の外部端子23が挙げられる。

【0106】なお、図2および図3に示したように、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合には、抵抗発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合、抵抗発熱体の一部が表面に露出していてもよく、抵抗発熱体を接続するためのスルーホールが端子部分に設けられ、このスルーホールに端子が接続、固定されていてもよい。

【0107】接続端子を接続する場合、半田としては、銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ が好ましい。半田による接続を確保するのに十分な範囲だからである。

【0108】また、第一の本発明のセラミック基板の内部に静電電極層が形成された場合には、上記セラミック基板は、静電チャックとして機能する。この場合、この静電チャックを構成するセラミック基板は、静電電極が形成されていることを除いて、上記したセラミックヒータとほぼ同様に構成されている。図8は、第一の本発明に係る静電チャックの一実施形態を模式的に示した縦断面図であり、図9は、図8に示した静電チャックにおけるA-A線断面図である。

【0109】この静電チャック40では、上記セラミッ

クヒータと同様に、円板形状のセラミック基板41の外縁部に円環形状の突部46が設けられており、その内側には、多数の凸状体47が形成されている。また、セラミック基板41の内部に、チャック正極静電層42とチャック負極静電層43とからなる静電電極層が埋設されており、この静電電極層の上に薄いセラミック層44

（以下、セラミック誘電体膜という）が形成されている。また、静電チャック40上には、シリコンウエハ39が載置され、接地されている。さらに、凸状体非形成部には、底面に抜ける通気用貫通孔48が形成されている。なお、凸状体47を含むセラミック誘電体膜の厚さは、 $5 \sim 5000 \mu\text{m}$ が好ましい。耐電圧を高く保ちながら、シリコンウエハを十分な吸着力で吸着させるためである。

【0110】図9に示したように、チャック正極静電層42は、半円弧状部42aと櫛歯部42bとからなり、チャック負極静電層43も、同じく半円弧状部43aと櫛歯部43bとからなり、これらのチャック正極静電層42とチャック負極静電層43とは、櫛歯部42b、43bを交差するように対向して配置されており、このチャック正極静電層42およびチャック負極静電層43には、それぞれ直流電源の+側と-側とが接続され、直流電圧 $V_2$ が印加されるようになっている。

【0111】また、セラミック基板41の内部に、半導体ウエハ39の温度をコントロールするために、図3に示した抵抗発熱体12のような平面視同心円形状の抵抗発熱体45が設けられており、抵抗発熱体45の両端には、外部端子が接続、固定され、電圧 $V_1$ が印加されるようになっている。図8、9には示していないが、このセラミック基板41には、測温素子を挿入するための有底孔とシリコンウエハ39を支持して上下させるリフターピンを挿通するためのリフターピン用貫通孔とが形成されている。なお、抵抗発熱体は、セラミック基板の底面に形成されていてもよい（図5参照）。

【0112】この静電チャック40を機能させる際には、チャック正極静電層42とチャック負極静電層43とに直流電圧 $V_2$ を印加する。これにより、半導体ウエハ39は、チャック正極静電層42とチャック負極静電層43との静電的な作用によりこれらの電極にセラミック誘電体膜44を介して吸着され、固定されることとなる。このようにして半導体ウエハ39を静電チャック40上に固定させた後、この半導体ウエハ39に、CVD等の種々の処理を施す。

【0113】第一の本発明に係る静電チャックでは、上記セラミックヒータと場合と同様に、迅速に昇温、降温を行うことができ、また、半導体ウエハの温度を均一にすることができる。また、セラミック基板の表面に加数の凸状体が形成されており、平面でないため、デチャックを容易に行うことができる。また、通気用貫通孔48より凸状体非形成部に加熱媒体や冷却媒体を入れること

により、加熱、冷却をより迅速に行うことができる。さらに、通気用貫通孔 48 より雰囲気ガスを吸引することにより、より強力に半導体ウエハをセラミック基板に吸着、固定することができる。

【0114】上記静電電極としては、例えば、金属または導電性セラミックの焼結体、金属箔等が挙げられる。金属焼結体としては、タングステン、モリブデンから選ばれる少なくとも 1 種からなるものが好ましい。金属箔も、金属焼結体と同じ材質からなることが望ましい。これらの金属は比較的酸化しにくく、電極として十分な導電性を有するからである。また、導電性セラミックとしては、タングステン、モリブデンの炭化物から選ばれる少なくとも 1 種を使用することができる。

【0115】図 10 および図 11 は、他の静電チャックにおける静電電極を模式的に示した水平断面図であり、図 10 に示す静電チャック 60 では、セラミック基板 41 の内部に半円形状のチャック正極静電層 62 とチャック負極静電層 63 とが形成されており、図 11 に示す静電チャック 70 では、セラミック基板 41 の内部に円を 4 分割した形状のチャック正極静電層 72a、72b とチャック負極静電層 73a、73b とが形成されている。また、2 枚の正極静電層 72a、72b および 2 枚のチャック負極静電層 73a、73b は、それぞれ交差するように形成されている。なお、円形等の電極が分割された形態の電極を形成する場合、その分割数は特に限定されず、5 分割以上であってもよく、その形状も扇形に限定されない。

【0116】また、第一の本発明のセラミック基板には、表面にチャックトップ導体層を設け、内部にガード電極、グランド電極等を設けることによりウエハプロセッサ用のチャックトップ板として機能する。

【0117】次に、第一の本発明に係るセラミックヒータの製造方法について説明する。まず、セラミック基板 11 の内部に抵抗発熱体 12 が形成されたセラミックヒータ（図 1～3 参照）の製造方法について、図 12 に基づいて説明する。

#### 【0118】（1）セラミック基板の作製工程

まず、窒化物セラミック等のセラミックの粉末をバインダ、溶剤等と混合してペーストを調製し、これを用いてグリーンシート 50 を作製する。

【0119】上述した窒化物等のセラミック粉末としては、窒化アルミニウム等を使用することができ、必要に応じて、イットリア等の焼結助剤、Na、Ca を含む化合物等を加えてもよい。また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも 1 種が望ましい。

【0120】さらに溶媒としては、 $\alpha$ -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも 1 種が望ましい。これらを混合して得られるペーストをドクタープレ

ード法でシート状に成形してグリーンシートを作製する。グリーンシートの厚さは、0.1～5mm が好ましい。

#### 【0121】（2）グリーンシート上に導体ペーストを印刷する工程

グリーンシート 50 上に、抵抗発熱体 12 を形成するための金属ペーストまたは導電性セラミックを含む導体ペーストを印刷し、導体ペースト層 120 を形成し、貫通孔にスルーホール 19 用の導体ペースト充填層 190 を形成する。これらの導体ペースト中には、金属粒子または導電性セラミック粒子が含まれている。

【0122】上記金属粒子としては特に限定されず、例えば、タングステン粒子、モリブデン粒子等が挙げられる。これらの金属粒子の平均粒子径は、0.1～5 $\mu$ m が好ましい。平均粒子が 0.1 $\mu$ m 未満であるか、5 $\mu$ m を超えると、導体ペーストを印刷しにくいからである。また、上記導電性セラミック粒子としては特に限定されず、例えば、タングステンカーバイド、モリブデンカーバイド等が挙げられる。このような導体ペーストとしては、例えば、金属粒子または導電性セラミック粒子 85～87 重量部；アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも 1 種のバインダ 1.5～10 重量部；および、 $\alpha$ -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも 1 種の溶媒を 1.5～10 重量部混合した組成物（ペースト）が挙げられる。

#### 【0123】（3）グリーンシートの積層工程

導体ペーストを印刷していないグリーンシート 50 を、導体ペーストを印刷したグリーンシート 50 の上下に積層する（図 12（a）参照）。このとき、導体ペーストを印刷したグリーンシート 50 が積層したグリーンシートの厚さに対して、底面から 60% 以下の位置になるように積層する。具体的には、上側のグリーンシートの積層数は 20～50 枚が、下側のグリーンシートの積層数は 5～20 枚が好ましい。

【0124】この後、熱圧着することによりグリーンシート積層体を作製するが、この熱圧着の際、上面に突部や凸状体が形成されるような形状のプレス型を用いてもよい。ただし、この場合には、次工程のホットプレスの際、その形状が壊れないように焼成する必要がある。通常は、下記するように、焼結体を製造した後に加工を行って、突部や凸状体を形成することが望ましい。

#### 【0125】（4）グリーンシート積層体の焼成工程

グリーンシート積層体の加熱、加圧を行い、グリーンシートおよび内部の導体ペーストを焼結させる。また、加熱温度は、1000～2000℃が好ましく、加圧の圧力は、10～20MPa が好ましい。加熱は、不活性ガス雰囲気中で行う。不活性ガスとしては、例えば、アルゴン、窒素などを使用することができる。

【0126】得られた焼結体に、表面をドリルで研削加



工を実施し、焼結体に半導体ウエハ 39 を嵌合させるための突部 16 を形成し、突部 16 の内側に、半導体ウエハ 39 と接触する多数の凸状体 17 を形成する（図 12 (b) 参照）。凸状体 17 は、上部が平面により構成することが望ましい。さらに、表面全体をプラズマエッチングやふっ硝酸などで物理的または化学的粗化处理を実施し、セラミック基板表面全体を粗化したあと、ダイヤモンドペーストを用いたポリシングで、凸状体の上面を研磨する。なお、外周突部は、凸状体よりも高いため、ポリシング材は、外周突部よりも小さい直径のものを使用

【0127】次に、得られた焼結体に、半導体ウエハ 39 を支持するためのリフターピン 36 を挿入するリフターピン用貫通孔 15、熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔 14 等を形成し、抵抗発熱体 12 を外部端子 13 と接続するためのスルーホール 19 を外部に露出させる。さらに、通気用貫通孔 18 を形成することが望ましい。（図 12 (c) 参照）

【0128】上述の貫通孔および有底孔を形成する工程は、上記グリーンシート積層体に対して行ってもよいが、上記焼結体に対して行うことが望ましい。焼結過程において、変形するおそれがあるからである。

【0129】なお、貫通孔および有底孔は、表面研磨後に、サンドブラスト処理を行うことにより形成することができる。また、内部の抵抗発熱体 12 と接続するためのスルーホール 19 に外部端子 13 を、半田等を介して接続し、加熱してリフローする。加熱温度は、200～500℃が好適である。

【0130】さらに、有底孔 14 に測温素子としての熱電対（図示せず）等を銀ろう、金ろうなどで取り付け、ポリイミドなどの耐熱性樹脂で封止し、セラミックヒータ 10 の製造を終了する（図 12 (d) 参照）。

【0131】次に、セラミック基板 21 の底面に抵抗発熱体 22 が形成されたセラミックヒータ 20（図 4、5 参照）の製造方法について、図 13 に基づいて説明する。

【0132】（1）セラミック基板の作製工程  
上述した窒化アルミニウムや炭化珪素などの窒化物等のセラミックの粉末に必要な応じてイットリア（ $Y_2O_3$ ）や  $B_4C$  等の焼結助剤、 $Na$ 、 $Ca$  を含む化合物、バインダ等を配合してスラリーを調製した後、このスラリーをスプレードライ等の方法で顆粒状にし、この顆粒を金型に入れて加圧することにより板状などに成形し、生成形体（グリーン）を作製する。

【0133】次に、この生成形体を加熱、焼成して焼結させ、セラミック製の板状体を製造する。この後、所定の形状に加工することにより、セラミック基板 21 を作製するが、焼成後にそのまま使用することができる形状としてもよい。加圧しながら加熱、焼成を行うことにより、気孔のないセラミック基板 21 を製造することが可

能となる。加熱、焼成は、焼結温度以上であればよいが、窒化物セラミックや炭化物セラミックでは、1000～2500℃である。また、酸化物セラミックでは、1500℃～2000℃である。

【0134】得られたセラミック基板 21 にドリル加工処理を実施し、セラミック基板 21 に半導体ウエハ 39 を嵌合させるための突部 26 を形成し、突部 26 の内側に、半導体ウエハ 39 と接触する多数の凸状体 27 を形成する。

【0135】さらに、ドリル加工を実施し、半導体ウエハ 39 を支持するためのリフターピン 36 を挿入するリフターピン用貫通孔 25 となる部分や熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔 24 となる部分を形成する。さらに、通気用貫通孔 28 となる部分を形成することが望ましい（図 13 (a) 参照）。

【0136】なお、加熱、加圧工程において、所望の形状が得られるように凹凸を形成した金型を用いることにより、突部 26 および凸状体 27 を形成することも可能である。

【0137】（2）セラミック基板に導体ペーストを印刷する工程

導体ペーストは、一般に、金属粒子、樹脂、溶剤からなる粘度の高い流動物である。この導体ペーストをスクリーン印刷などを用い、抵抗発熱体 22 を設けようとする部分に印刷を行うことにより、導体ペースト層を形成する。導体ペースト層は、焼成後の抵抗発熱体 22 の断面が、方形で、偏平な形状となるように形成することが望ましい。

【0138】（3）導体ペーストの焼成

セラミック基板 21 の底面に印刷した導体ペースト層を加熱焼成して、樹脂、溶剤を除去するとともに、金属粒子を焼結させ、セラミック基板 21 の底面に焼き付け、抵抗発熱体 22 を形成する（図 13 (b) 参照）。加熱焼成の温度は、500～1000℃が好ましい。導体ペースト中に上述した酸化物を添加しておく、金属粒子、セラミック基板および酸化物が焼結して一体化するため、抵抗発熱体 22 とセラミック基板 21 との密着性が向上する。

【0139】（4）金属被覆層の形成

次に、抵抗発熱体 22 表面に、金属被覆層 220 を形成する（図 13 (c) 参照）。金属被覆層 220 は、電解めっき、無電解めっき、スパッタリング等により形成することができるが、量産性を考慮すると、無電解めっきが最適である。

【0140】（5）端子等の取り付け

抵抗発熱体 22 のパターンの端部に電源との接続のための端子（外部端子 23）を半田で取り付ける。また、有底孔 24 に銀ろう、金ろうなどで熱電対（図示せず）を固定し、ポリイミド等の耐熱樹脂で封止し、セラミックヒータ 20 の製造を終了する（図 13 (d) 参照）。



【0141】なお、第一の本発明のセラミック基板は、静電電極を設けることにより静電チャックとして使用することができる。また、表面にチャックトップ導体層を設け、内部にガード電極やグランド電極を設けることにより、ウエハプローバに使用されるチャックトップ板として使用することができる。

【0142】次に、第二の本発明のセラミック基板について説明する。第二の本発明のセラミック基板は、その表面または内部に抵抗発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミック基板であって、その加熱面には、半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成され、上記凸状体の上部は、平面により構成されており、かつ、凸状体非形成部の面粗度  $R_{max}$  は  $1 \sim 100 \mu m$  であり、上記凸状体の上部の面粗度  $R_{max}$  より大きいことを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミック基板である。

【0143】まず、第二の本発明のセラミック基板をセラミックヒータとして使用する場合について説明する。図14(a)は、第二の本発明に係るセラミックヒータにおける加熱面の一例を模式的に示す平面図であり、(b)は、(a)に示すセラミックヒータの一部を模式的に示す断面図である。

【0144】図14(a)に示したように、セラミック基板81は、円板状に形成されており、半導体ウエハ等の被加熱物を載置する加熱面81aには、半導体ウエハと接触する多数の凸状体87が形成されるとともに、図1に示したセラミックヒータの場合と同様に、セラミック基板81の底面に抜ける複数の通気用貫通孔88が形成されている。

【0145】また、図14(b)に示したように、凸状体87が形成されていない凸状体非形成部810aには、粗化面が形成されており、その面粗度  $R_{max}$  は  $1 \sim 100 \mu m$  であり、一方、凸状体87の上部の面粗度  $R_{max}$  は、凸状体非形成部810aの面粗度より小さく調整されている。従って、凸状体非形成部810aに形成された粗化面により、加熱された雰囲気ガスを滞留させることができるとともに、半導体ウエハ等の被加熱物と直接接触する凸状体87の上部の面粗度  $R_{max}$  が小さく調整されているので、半導体ウエハ等の被加熱物と凸状体87との接触面積を大きくとることができ、その結果、半導体ウエハ等の被加熱物を均一な温度とすることができるとともに、被加熱物を迅速に加熱することができる。

【0146】本発明では、前記凸状体の上部の  $JIS B 0601$  に基づく面粗度  $R_{max}$  は、前記凸状体非形成部の  $R_{max}$  より小さく、かつ  $0.03 \sim 10 \mu m$  であることが望ましい。 $0.03 \mu m$  未満では、ウエハと凸状体との接触面積が大きくなりすぎ、逆に温度分布が大きくなってしまい、また  $10 \mu m$  を超えるとウエハと凸状体との接触面積が小さく、ウエハの温度分布が大

きくなってしまう。

【0147】また、凸状体非形成部810aには、複数の通気用貫通孔88が設けられていることが望ましい。この通気用貫通孔88より加熱媒体や冷却媒体を流通させ、半導体ウエハ等の加熱、冷却を行うことにより、より迅速にセラミックヒータ80の昇温・降温を行うことができるからである。

【0148】図14に示したセラミックヒータ80では、セラミック基板81の外縁部に、半導体ウエハを嵌合させるための突部が形成されていないが、図1に示したセラミックヒータ10の場合と同様に突部が形成されていてもよい。また、セラミックヒータ80は、第一の本発明の場合と同様に、セラミック基板81の内部または底面に、抵抗発熱体が形成されている。なお、セラミックヒータ80のその他の構成は、第一の本発明に係るセラミックヒータの場合と同様であるので、ここでは、その詳しい説明を省略する。

【0149】また、第二の本発明のセラミック基板の内部に静電電極層を設けることにより静電チャックとして使用することができる。さらに、第二の本発明のセラミック基板の表面にチャックトップ導体層を設け、内部にガード電極、グランド電極等を設けることによりウエハプローバ用のチャックトップ板として使用することができる。

【0150】次に、本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板の製造方法について説明する。本発明の半導体製造・検査装置用セラミック基板の製造方法は、その表面または内部に抵抗発熱体が形成され、かつ、その加熱面には、半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成され、上記凸状体の上部は平面により構成された半導体製造・検査装置用セラミック基板の製造方法であって、少なくとも下記(a)～(c)の工程を含むことを特徴とする。

(a) 上記加熱面に上記多数の凸状体が形成されるとともに、その内部または表面に抵抗発熱体が形成されたセラミック基板を作製するセラミック基板作製工程、

(b) 物理的および／または化学的方法により、上記凸状体非形成部の面粗度  $R_{max}$  が  $1 \sim 100 \mu m$  となるように、上記セラミック基板の加熱面である上記凸状体の上部と、凸状体非形成部とに粗化面を形成する粗化面形成工程、および、(c) 上記凸状体の上部の面粗度  $R_{max}$  が、上記凸状体非形成部の面粗度  $R_{max}$  より小さくなるように、上記凸状体の上部に平滑化処理を施す平滑化工程。

【0151】以下に、本発明のセラミック基板の製造方法について、セラミック基板の底面に抵抗発熱体が形成されたセラミックヒータを例に、図15を参照しながら説明する。

【0152】まず、上記(a)の工程、即ち、セラミック基板の加熱面に多数の凸状体が形成されるとともに、

その内部または表面に抵抗発熱体が形成されたセラミック基板を作製するセラミック基板作製工程を行う。

【0153】上記セラミック基板作製工程では、まず、その表面に抵抗発熱体82が形成されたセラミック基板81'を作製し(図15(a)参照)、セラミック基板81'の底面に抵抗発熱体82および金属被覆層820を形成する(図15(b)参照)。このセラミック基板81'の製造方法としては、上述した第一の本発明に係るセラミックヒータにおけるセラミック基板の製造方法と同様の方法を挙げることができるため、ここではその詳しい説明を省略する。なお、抵抗発熱体82および金属被覆層820は、後工程を経てセラミック基板81を製造した後に形成してもよい。

【0154】このようにして作製したセラミック基板81'の加熱面には、多数の凸状体87が形成されている。また、その外縁部に突部は形成されていないが、上記第一の本発明に係るセラミックヒータの場合と同様に、本発明のセラミック基板の製造方法でも、セラミック基板の外縁部に突部が形成されていてもよい。

【0155】また、セラミック基板81'に、ドリル加工等を実施し、半導体ウエハ等を支持するためのリフターピンを挿入するための貫通孔85や熱電対等の測温素子を埋め込むための有底孔84を形成する。さらに、通気用貫通孔88を形成することが望ましい。

【0156】次に、上記(b)の工程、即ち、物理的および/または化学的方法により、凸状体非形成部の面粗度Rmaxが1~100μmとなるように、セラミック基板81'の加熱面である凸状体87の上部と、凸状体非形成部とに粗化面を形成する粗化面形成工程を行う。なお、上記面粗度Rmaxとは、任意の平均線から計った一番高いところ(山)の標高から一番低いところ

(谷)の標高を引いた標高差である。Raは、粗化面の断面曲線の絶対値を積分してこれを測定長さで除した数値であり、凹凸の平均値である。平均粗さを調整しても局所的に大きな高低が存在するとウエハとの接触が点接触になってしまい、ウエハと凸状体が十分に接触しない。また、面粗度を大きくして雰囲気ガスを滞留させるのであるが、局所的に大きな起伏が存在すると蓄熱しすぎてしまい、かえって加熱面温度が不均一化しやすいことを知見している。したがって、Raではなく、Rmaxの調整が必要になる。RaとRmaxには相関がなく、Raが0.1μmでもRmaxが10μmとなる場合もありえる。高低の平均値と高低差とは技術的な意味が全く異なるのである。

【0157】上記加熱面に粗化面を形成する物理的方法としては特に限定されるものではないが、イオンビームエッチング、プラズマエッチングが望ましい。特にアルゴンプラズマエッチングやCF<sub>4</sub>プラズマエッチングが最適である。粗化面の大きさは、エッチング時間で制御することができる。

【0158】上記加熱面に粗化面を形成する化学的方法としては特に限定されるものではないが、例えば、エッチング処理等が挙げられる。上記エッチング処理に用いるエッチング液としては特に限定されないが、例えば、フッ硝酸等を挙げることができる。

【0159】このような物理的および/または化学的方法により、セラミック基板81'の加熱面である凸状体87の上部と、凸状体非形成部とに面粗度Rmaxが1~100μmの粗化面を形成することができる(図15(c)参照)。

【0160】上記面粗度Rmaxが1μm未満であると、製造するセラミック基板の加熱面に加熱された雰囲気ガスを滞留させることができず、蓄熱効果に劣ることとなり、半導体ウエハ等の被加熱物を均一な温度に加熱することができず、また、上記半導体ウエハを迅速に加熱することができない。一方、上記面粗度Rmaxが100μmを超えると、蓄熱しすぎて半導体ウエハを均一に加熱することができなくなる。

【0161】そして、上記(c)の工程、即ち、凸状体87の上部の面粗度Rmaxが、上記凸状体非形成部の面粗度Rmaxより小さくなるように、凸状体87の上部に平滑化処理を施す平滑化工程を行う。

【0162】凸状体87の上部に施す平滑化処理(研磨処理)の方法としては特に限定されず、例えば、ダイヤモンド砥石による研磨、バフ研磨、ダイヤモンドペーストを使用したポリシング、サンドペーパー等の機械的な研磨処理を挙げることができる。このような研磨処理を凸状体87の上部に施すことで、その面粗度Rmaxを凸状体非形成部のRmaxよりも小さくすることができる(図15(d)参照)。このような研磨工程を行うことで、その加熱面には、半導体ウエハと接触する多数の凸状体87が形成され、凸状体87の上部は、平面により構成されており、かつ、凸状体非形成部の面粗度Rmaxは1~100μmであり、凸状体87の上部の面粗度Rmaxより大きいセラミック基板81を製造することができる。なお、上述した通り、セラミック基板81を製造した後、その底面に抵抗発熱体を形成してもよい。

【0163】その後、上記第一の本発明に係るセラミックヒータと同様にして、外部端子83や、有底孔84に熱電対を設けることで、セラミックヒータ80の製造を終了する(図15(e)参照)。

【0164】また、セラミック基板の内部に抵抗発熱体が形成されている場合、上記第一の本発明に係るセラミックヒータの製造方法において説明した方法と同様にしてセラミック基板を作製した後、上記(b)および

(c)と同様の工程を行うことで、その内部に抵抗発熱体が形成され、その加熱面には、半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成され、上記凸状体の上部は、平面により構成されており、かつ、凸状体非形成部の面粗度



Rmax は 1 ~ 100  $\mu\text{m}$  であり、上記凸状体の上部の面粗度 Rmax より大きいセラミック基板を製造することができる。本発明では、セラミック基板の加熱面表面は、さらにフッ化マグネシウムまたは酸化イットリウムで被覆されていてもよい。これらの膜はプラズマで腐食しにくいからである。被覆膜の厚さは 0.1 ~ 100  $\mu\text{m}$  が望ましい。

【0165】なお、本発明のセラミック基板の製造方法では、セラミック基板の表面または内部に抵抗発熱体を形成するとともに、セラミック基板の内部に静電電極を設けることにより静電チャックを製造することができる。また、セラミック基板の表面または内部に抵抗発熱体を形成するとともに、セラミック基板の表面にチャンクトップ導体層を設け、内部にガード電極やグランド電極を設けることにより、ウエハプローバに使用されるチャックトップ板を製造することができる。

【0166】

【実施例】以下、本発明を実施例によりさらに詳細に説明する。

(実施例 1)

セラミックヒータ (図 1 ~ 3 および図 12 参照) の製造  
(1) 窒化アルミニウム粉末 (トクヤマ社製、平均粒径 0.6  $\mu\text{m}$ ) 100 重量部、アルミナ 4 重量部、アクリル系樹脂バインダ 11.5 重量部、分散剤 0.5 重量部および 1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール 53 重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法により成形を行って、厚さ 0.47 mm のグリーンシートを作製した。

【0167】(2) 次に、このグリーンシートを 80℃ で 5 時間乾燥させた後、スルーホール 19 となる部分をパンチングにより設けた。

【0168】(3) 平均粒径 1  $\mu\text{m}$  のタングステンカーバイト粒子 100 重量部、アクリル系バインダ 3.0 重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒 3.5 重量部および分散剤 0.3 重量部を混合して導体ペースト A を調整した。平均粒径 3  $\mu\text{m}$  のタングステン粒子 100 重量部、アクリル系バインダ 1.9 重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒 3.7 重量部および分散剤 0.2 重量部を混合して導体ペースト B を調整した。

【0169】この導体ペースト A をグリーンシート上にスクリーン印刷で印刷し、抵抗発熱体用の導体ペースト層 120 を形成した。印刷パターンは、図 3 に示すような同心円状のパターンとした。さらに、外部端子 13 を接続するためのスルーホール 19 となる部分に導体ペースト B を充填し、充填層 190 を形成した。

【0170】上記処理の終わったグリーンシートに、さらに、導体ペーストを印刷していないグリーンシートを上側 (加熱面) に 37 枚、下側に 13 枚積層し、130℃、8 MPa の圧力で圧着して積層体を形成した。(図 12 (a) 参照)

【0171】(4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃ で 5 時間脱脂し、1890℃、圧力 15 MPa で 10 時間ホットプレスし、厚さ 3 mm のセラミック板状体を得た。これを 230 mm の円板状に切り出し、内部に厚さ 6  $\mu\text{m}$ 、幅 10 mm の抵抗発熱体 12 を有するセラミック板状体とした。

【0172】(5) 次に、(4) で得られたセラミック板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、ドリル加工処理により、上側 (加熱面) に突部 16 および凸状体 17 を形成した。すなわち、セラミック基板 11 の外縁部には、高さが 0.5 mm、幅が 10 mm の突部 16 を形成した。また、突部 16 の内側には、高さが 0.3 mm、直径が 10 mm の円柱形状の凸状体 17 を 200 個形成した (図 12 (b) 参照)。半導体ウエハ 39 の面積に対する凸状体 17 と半導体ウエハ 39 とが接触する面積の比率 S は 50% であった。また、底面には、熱電対を挿入するための有底孔 14 を形成した。さらに、半導体ウエハを運搬等するためのリフターピン 36 を挿入するためのリフターピン用貫通孔 15、および、直径 0.5 mm の通気用貫通孔 18 を 20 個形成した。さらに、Ar-O<sub>2</sub>-C1 プラズマエッチャー (東京応化製: OAPM-301B) を用いて、10 m Torr、500 W で 50 分間セラミック基板表面をプラズマエッチングした。ついで外周突部の表面および凸状体の表面を直径 1  $\mu\text{m}$  のダイヤモンドスラリー (マルトー製) にてポリシングした。

【0173】(6) 次に、スルーホール 19 が形成されている部分をえぐりとして袋孔 19a とし (図 12

(c) 参照)、この袋孔 19a に Ni-Au からなる金ろうを用い、700℃ で加熱リフローしてコパル製の外部端子 13 を接続させた (図 12 (d) 参照)。

【0174】(7) 温度制御のための熱電対 (図示せず) を有底孔 14 に埋め込み、セラミックヒータ 10 を得た。

【0175】(実施例 2)

セラミックヒータ (図 4 ~ 5 および図 13 参照) の製造  
(1) 窒化アルミニウム粉末 (平均粒径: 0.6  $\mu\text{m}$ ) 100 重量部、イットリア (平均粒径: 0.4  $\mu\text{m}$ ) 4 重量部、アクリルバインダ 12 重量部およびアルコールからなる組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

【0176】(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体 (グリーン) を得た。

【0177】(3) 次に、この生成形体を 1800℃、圧力: 20 MPa でホットプレスし、厚さが 3 mm の窒化アルミニウム板状体を得た。次に、この板状体から直径 230 mm の円板体を切り出し、セラミック製の板状体 (セラミック基板 21) とした。このセラミック基板 21 にドリル加工を施し、シリコンウエハのリフターピン 36 を挿入するリフターピン用貫通孔 25、熱電対を



埋め込むための有底孔 24 を形成した。さらに、直径 0.5 mm の通気用貫通孔を 20 個形成した。さらに、セラミック基板の上側（加熱面）をドリル加工処理により、実施例 1 と同様の突部 26 および凸状体 27 を形成した（図 13（a）参照）。また、この後、突部に溝 26a を形成した。さらに、 $Ar-O_2-Cl$  プラズマエッチャー（東京応化製：OAPM-301B）を用いて、10 mTorr、500 W で 10 分間セラミック基板表面をプラズマエッチングした。ついで外周突部の表面および凸状体の表面を直径 0.01  $\mu m$  のダイヤモンドスラリ（マルトー製）にてポリシングした。

【0178】（4）上記（3）で得たセラミック基板 21 に、スクリーン印刷にて導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、実施例 1 と同様の同心円状のパターンとした。上記導体ペーストとしては、Ag 48 重量%、Pt 21 重量%、 $SiO_2$  1.0 重量%、 $B_2O_3$  1.2 重量%、 $ZnO$  4.1 重量%、 $PbO$  3.4 重量%、酢酸エチル 3.4 重量%、ブチルカルビトール 17.9 重量% からなる組成のものを使用した。この導体ペーストは、Ag-Pt ペーストであり、銀粒子は、平均粒径が 4.5  $\mu m$  で、リン片状のものであった。また、Pt 粒子は、平均粒子径 0.5  $\mu m$  の球状であった。

【0179】（5）さらに、発熱体パターンの導体ペースト層を形成した後、セラミック基板 21 を 780℃ で加熱、焼成して、導体ペースト中の Ag、Pt を焼結させるとともにセラミック基板 21 に焼き付け、抵抗発熱体 22 を形成した。（図 13（b）参照）抵抗発熱体 22 は、厚さが 5  $\mu m$ 、幅が 2.4 mm、面積抵抗率が 7.7 m $\Omega$ /□ であった。

【0180】（6）硫酸ニッケル 80 g/l、次亜リン酸ナトリウム 24 g/l、酢酸ナトリウム 12 g/l、ほう酸 8 g/l、塩化アンモニウム 6 g/l の濃度の水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に上記（5）で作製したセラミック基板 21 を浸漬し、銀-鉛の抵抗発熱体 22 の表面に厚さ 1  $\mu m$  の金属被覆層（ニッケル層）120 を析出させた（図 13（c）参照）。

【0181】（7）次に、電源との接続を確保するための外部端子 23 を取り付ける部分に、スクリーン印刷により、銀-鉛半田ペースト（田中貴金属社製）を印刷して半田層（図示せず）を形成した。次いで、半田層の上にコパール製の外部端子 23 を載置して、420℃ で加熱リフローし、外部端子 23 を抵抗発熱体 22 の表面に取り付けた。（図 13（d）参照）

【0182】（8）温度制御のための熱電対（図示せず）をポリイミドで封止し、セラミックヒータ 20 を得た。

【0183】（実施例 3）高さが 0.3 mm、半球状の凸状体 17（図 7（c）参照）を形成し、表面を 0.1 N のフッ硝酸水溶液にて 5 分間エッチングし、平均粒子径 5  $\mu m$  のダイヤモンドペーストでポリシングした以外

は、実施例 1 と同様にしてセラミックヒータを製造した。

【0184】（実施例 4）

セラミックヒータの製造

（1）まず、実施例 1 の（1）～（4）と同様にして、その内部に抵抗発熱体が形成されたセラミック板状体を作製した。そして、実施例 1 の（5）の条件と同様の条件で上記セラミック板状体の上側（加熱面）に、ドリル加工処理を施し、実施例 1 の凸状体 17 と同様の凸状体を上記加熱面に形成した。なお、上記加熱面の外縁部には突部を設けなかった。また、底面には、熱電対を挿入するための有底孔を形成し、さらに、半導体ウエハを運搬等するためのリフターピンを挿入するためのリフターピン用貫通孔、および、直径 0.5 mm の通気用貫通孔を 20 個形成した。

【0185】（2）次に、上記凸状体を形成した加熱面の表面を 0.1 N のフッ硝酸水溶液にて 50 分間エッチングした。

【0186】（3）そして、上記凸状体の上部を直径 10  $\mu m$  のダイヤモンドペーストによりポリシングし、その内部に抵抗発熱体を有し、加熱面に多数の凸状体が形成されるとともに、凸状体非形成部に粗化面が形成されたセラミック基板を作製した。

【0187】（4）その後、実施例 1 の（6）および（7）と同様にして、上記セラミック基板の底面に袋孔を設けて外部端子を接続した後、有底孔に温度制御のための熱電対を埋め込むことでセラミックヒータを製造した。

【0188】（実施例 5）

セラミックヒータ（図 14 および図 15 参照）の製造

（1）まず、実施例 2 の（1）～（6）と同様にして、その上側（加熱面）に凸状体 87 が形成され、その底面に金属被覆層 820 で被覆された抵抗発熱体 82 が形成されたセラミック基板 81' を作製した。なお、上記加熱面の外縁部には突部を設けなかった。また、セラミック基板 81' の底面には、熱電対を挿入するための有底孔 84 を形成し、さらに、半導体ウエハを運搬等するためのリフターピンを挿入するためのリフターピン用貫通孔 85、および、直径 0.5 mm の通気用貫通孔 88 を 20 個形成した。

【0189】（2）次に、さらに、 $Ar-O_2-Cl$  プラズマエッチャー（東京応化製：OAPM-301B）を用いて、10 mTorr、500 W で 50 分間セラミック基板表面をプラズマエッチングした。

【0190】（3）そして、凸状体 87 の上部について外周突部の表面および凸状体の表面を直径 1  $\mu m$  のダイヤモンドスラリ（マルトー製）にてポリシングし、その底面に抵抗発熱体を有し、加熱面に多数の凸状体が形成されるとともに、凸状体非形成部に粗化面が形成されたセラミック基板を作製した。

【0191】(4)その後、実施例1の(6)および(7)と同様にして、上記セラミック基板の底面に袋孔を設けて外部端子を接続した後、有底孔に温度制御のための熱電対を埋め込むことでセラミックヒータを製造した。

【0192】(実施例6)

(1) SiC粉末(屋久島電工製、平均粒径 $1.1\mu\text{m}$ )100重量部、 $\text{B}_4\text{C}$ 4重量部、アクリル系樹脂バインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法により成形を行って、厚さ $0.47\text{mm}$ のグリーンシートを作製した。さらに、表面に平均粒径 $1.0\mu\text{m}$ のほう珪酸ガラス80重量部とポリエチレングリコール5重量部、アルコール15重量部を混合してガラスペーストを得た。このガラスペーストを塗布した。

(2)次に、このグリーンシートを $80^\circ\text{C}$ で5時間乾燥させた後、スルーホール19となる部分をパンチングにより設けた。

(3)平均粒径 $1\mu\text{m}$ のタングステンカーバイト粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調整した。平均粒径 $3\mu\text{m}$ のタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調整した。この導体ペーストAをグリーンシート上にスクリーン印刷で印刷し、抵抗発熱体用の導体ペースト層120を形成した。印刷パターンは、図3に示すような同心円状のパターンとした。さらに、外部端子13を接続するためのスルーホール19となる部分に導体ペーストBを充填し、充填層190を形成した。上記処理の終わったグリーンシートに、ガラスペーストを塗布し、さらに、導体ペーストを印刷していないグリーンシートを上側(加熱面)に37枚、下側に13枚積層し、 $130^\circ\text{C}$ 、 $8\text{MPa}$ の圧力で圧着して積層体を形成した。(図12(a)参照)

(4)次に、得られた積層体を窒素ガス中、 $600^\circ\text{C}$ で5時間脱脂し、 $1890^\circ\text{C}$ 、圧力 $15\text{MPa}$ で10時間ホットプレスし、厚さ $3\text{mm}$ のセラミック板状体を得た。これを $230\text{mm}$ の円板状に切り出し、内部に厚さ $6\mu\text{m}$ 、幅 $10\text{mm}$ の抵抗発熱体12を有するセラミック板状体とした。

【0193】(5)次に、(4)で得られたセラミック板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、ドリル加工処理により、上側(加熱面)に突部16および凸状体17を形成した。すなわち、セラミック基板11の外縁部には、高さが $0.5\text{mm}$ 、幅が $10\text{mm}$ の突部16を形成した。また、突部16の内側には、高さが $0.3\text{mm}$ 、直径が $10\text{mm}$ の円柱形状の凸状体

17を200個形成した(図12(b)参照)。半導体ウエハ39の面積に対する凸状体17と半導体ウエハ39とが接触する面積の比率 $S$ は50%であった。また、底面には、熱電対を挿入するための有底孔14を形成した。さらに、半導体ウエハを運搬等するためのリフターピン36を挿入するためのリフターピン用貫通孔15、および、直径 $0.5\text{mm}$ の通気用貫通孔18を20個形成した。さらに、 $0.1\text{N}$ のフッ硝酸水溶液にて50分間エッチングした。ついで外周突部の表面および凸状体の表面を平均粒子径 $10\mu\text{m}$ のダイヤモンドスラリー(マルトー製)にてポリシングした。さらに、表面にスパッタリング装置(昭和真空製 ASP-34)を使用して厚さ $2\mu\text{m}$ のフッ化マグネシウムの膜を形成した。

(6)次に、スルーホール19が形成されている部分をえぐりとして袋孔19aとし(図12(c)参照)、この袋孔19aにNi-Auからなる金ろうを用い、 $700^\circ\text{C}$ で加熱リフローしてコパール製の外部端子13を接続させた(図12(d)参照)。

(7)温度制御のための熱電対(図示せず)を有底孔14に埋め込み、セラミックヒータ10を得た。

【0194】(実施例7)本実施例は実施例6と同様であるが、さらに、 $0.1\text{N}$ のフッ硝酸水溶液にて50分間エッチングした。ついで外周突部の表面および凸状体の表面を平均粒子径 $10\mu\text{m}$ のダイヤモンドスラリー(マルトー製)にてポリシングした。さらに、表面にスパッタリング装置(昭和真空製 ASP-34)を使用して厚さ $5\mu\text{m}$ の酸化イットリウムの膜を形成した。

【0195】(実施例8)本実施例は、実施例1と同様であるが、 $\text{Ar-O}_2\text{-Cl}$ プラズマエッチャー(東京応化製:OAPM-301B)を用いて、 $10\text{mTorr}$ 、 $500\text{W}$ で50分間セラミック基板表面をプラズマエッチングした。ついで外周突部の表面および凸状体の表面を直径 $0.02\mu\text{m}$ のダイヤモンドスラリー(マルトー製)にてポリシングした。

【0196】(実施例9)本実施例は、実施例1と同様であるが、さらに、 $0.1\text{N}$ のフッ硝酸水溶液にて40分間エッチングした。ついで外周突部の表面および凸状体の表面を平均粒子径 $50\mu\text{m}$ のダイヤモンドスラリー(マルトー製)にてポリシングした。

【0197】(比較例1)突部16および通気用貫通孔18を形成し、凸状体17を形成しない以外は、実施例1と同様にしてセラミックヒータを製造した。

【0198】(比較例2)実施例1と同様であるが、凸状体17および通気用貫通孔18を形成し、突部16を形成せず、表面を $0.1\text{N}$ のフッ硝酸水溶液にて60分間エッチングし、そして、上記凸状体の上部を直径 $1\mu\text{m}$ のダイヤモンドペーストによりポリシングし、その内部に抵抗発熱体を有し、加熱面に多数の凸状体が形成されるとともに、凸状体非形成部に粗化面が形成されたセラミック基板を作製した。

【0199】（比較例3）本比較例は実施例1と同様であるが、さらに、 $\text{Ar}-\text{O}_2-\text{Cl}$  プラズマエッチャー（東京応化製：OAPM-301B）を用いて、10m Torr、500Wで8分間セラミック基板表面をプラズマエッチングした。ついで外周突部の表面および凸状体の表面を直径0.5 $\mu\text{m}$ のダイヤモンドスラリー（マルトー製）にてポリシングした。

【0200】（比較例4）本比較例は実施例1と同様であるが、上記凸状体を形成した加熱面の表面を0.1Nのフッ硝酸水溶液にて60分間エッチングした。そして、上記凸状体の上部を直径1 $\mu\text{m}$ のダイヤモンドペーストによりポリシングし、その内部に抵抗発熱体を有し、加熱面に多数の凸状体が形成されるとともに、凸状体非形成部に粗化面が形成されたセラミック基板を作製した。

【0201】（比較例5）実施例1と同様であるが、凸状体と外周突部をサンドブラストにて形成した。最初に突部と凸状体の場所にマスクを置き、平均粒子径5 $\mu\text{m}$ のSiCでサンドブラスト処理を実施した。さらに、マスクを除去してアンダーカットを除去するため、サンド

ブラストを実施した。

【0202】（比較例6）実施例1と同様であるが、凸状体と外周突部をCVDにて形成した。最初にセラミック基板の表面を800メッシュのダイヤモンドと石で研磨し、突部と凸状体の場所が開口されたマスクを置き、塩化アルミニウムとアンモニアを容器中に置いて、1kPaの圧力とし、1300℃に加熱してALNを気相合成して凸状体と外周突部を形成した。

【0203】（比較例7）実施例1と同様であるが、凸状体と外周突部をサンドブラストにて形成した。最初に突部と凸状体の場所にマスクを置き、平均粒子径5 $\mu\text{m}$ のSiCでサンドブラスト処理を実施した。さらに、マスクを除去してアンダーカットを除去するため、サンドブラストを実施した。凸状体と外周突部を同じ高さにした。

【0204】実施例1～9および比較例1～7に係るセラミックヒータを図5に示した支持容器90に載置した後、シリコンウエハを載置し、通電することにより、350℃まで昇温し、下記の方法により評価した。なお、支持容器は、直接、通気用貫通孔18に加熱媒体を吹き込むことができるようになっている。

【0205】なお、シリコンウエハの載置する際、実施例1～3、6～9に係るセラミックヒータでは、シリコンウエハを突部に嵌合し、凸状体に載置し、実施例4、5に係るセラミックヒータでは、シリコンウエハを凸状体に載置して、昇温した。一方、比較例1に係るセラミックヒータは、シリコンウエハを突部に嵌合し、直接セラミックヒータ上に載置して、昇温した。また、比較例2～6に係るセラミックヒータでは、凸状体上にシリコンウエハを載置し、昇温した。比較例7については、ウエハを凸状体上および外周突部上に載置した。

【0206】また、実施例1～9および比較例1～7に係るセラミックヒータには、加熱媒体として、発熱体を350℃に加熱し、雰囲気ガスを通気用貫通孔から供給しながら昇温した。

#### 【0207】評価方法

##### （1）昇温時間

室温～300℃まで昇温した時の昇温時間を測定した。また、この昇温時に、シリコンウエハの最高温度と最低温度とを21箇所に熱電対が取り付けられたセンサウエハを載置することにより測定し、平均温度を計算した。平均温度が350℃になるまでを昇温時間とした。

##### 【0208】（2）定常時面内温度均一性

セラミックヒータを350℃まで昇温した後、21箇所に熱電対が取り付けられたセンサウエハを載置することにより最高温度と最低温度とを測定し、その温度差を算出した。その結果を表1に示す。

#### 【0209】

##### 【表1】



	外周突部の有無	凸状体の面粗度 ( $\mu\text{m}$ )	凸状体非形成部の 面粗度 ( $\mu\text{m}$ )	昇温時間 (秒)	定常時の温度差 ( $^{\circ}\text{C}$ )
実施例 1	有	1	5	41	0.4
実施例 2	有	0.03	1	40	0.5
実施例 3	有	5	10	41	0.4
実施例 4	無	10	100	55	1.1
実施例 5	無	1	5	56	1.0
実施例 6	有	8	80	40	0.6
実施例 7	有	5	95	41	0.5
実施例 8	有	0.01	5	43	1.2
実施例 9	有	20	80	40	1.1
比較例 1	有	—	—	60	5.0
比較例 2	無	1	110	90	6.5
比較例 3	有	0.5	0.8	75	5.8
比較例 4	有	1	110	75	6.1
比較例 5	有	5	5	75	5.9
比較例 6	有	1000	5	85	10
比較例 7	有	5	5	80	3.0

注) 定常時の温度差：定常時の最高温度と最低温度との差

【0210】表1に示すように、実施例1～3、6、7に係るセラミックヒータは、40秒程度でシリコンウエハを350℃まで昇温することができた。また、ウエハの温度差が0.4～0.6℃と均一性に優れる。ウエハは、外周突部に勘合し、かつウエハが凸状体に密着し、さらに凸状体非形成部の面粗度が大きく、加熱気体が流動しないからである。実施例4、5では、外周突部がないが、面粗度を調整しているため、1.0～1.1℃と比較的温度的均一性に優れる。しかしながら昇温時間

【0211】比較例1に係るセラミックヒータは、凸状体がないため、ウエハと加熱面の接触面積が小さく、昇温時間も長くなる。また、加熱気体の流動が制御されていないため、シリコンウエハの面内温度差が大きかった。比較例2に係るセラミックヒータは、面粗度の調整もなく、外周凸部が存在しないため、加熱気体が流出してしまい昇温時間も長く、またシリコンウエハの面内温度差も大きくなる。比較例3、4では、凸状体非形成部の面粗度が大きすぎるか、小さすぎるため熱が過剰に蓄積するか、逆に加熱気体が流動してしまい、シリコンウエハの面内温度差も大きくなる。比較例5では、サンドブラスト処理で凸状体を形成しているが、サンドブラストでは凸状体と凸状体非形成部の面粗度が同じになってしまう。凸状体非形成部の面粗度が大きくなるほどシリコンウエハと凸状体の密着性が向上する必要があると考えられる。凸状体非形成部の面粗度が大きくなるほ

ど、加熱気体の流動性を抑制するのであるが、この加熱気体がシリコンウエハと凸状体の上面の隙間から流出することを防ぐ必要があるからである。したがって凸状体と凸状体非形成部の面粗度が同じになってしまうと加熱気体がシリコンウエハと凸状体との隙間から流出して、シリコンウエハの面内温度差が大きくなる。

【0212】比較例6では、CVDによりALNを気相合成しているが、気相合成すると結晶成長してしまうため、面粗度が大きくなる。このためシリコンウエハと凸状体との接触面積を十分に確保できない。また、凸状体の表面を粗化しようとしたが、凸状体が剥離してしまう。比較例7では、外周突部にシリコンウエハを載置するため、ウエハ側面外周が雰囲気ガスに接触するため温度が低下してしまう。

【0213】

【発明の効果】以上説明したように第一の本発明のセラミック基板によれば、その外縁部に、半導体ウエハを嵌合させるための突部が形成され、突部の内側には、半導体ウエハと接触する多数の凸状体が形成されているため、セラミック基板からの輻射および雰囲気ガスの対流により伝わる熱を逃がすことなく半導体ウエハ等に伝達させ、迅速に昇温を行うことが可能であり、セラミック基板表面の温度分布が半導体ウエハ等に反映されることがなく、加熱面を均一な温度とすることが可能である。

【0214】また、第二の本発明のセラミック基板によれば、半導体ウエハ等の被加熱物を載置する加熱面に多数の凸状体が形成されるとともに、凸状体非形成部にRmaxが1～100 $\mu\text{m}$ の粗化面が形成されているため、上記凸状体非形成部と半導体ウエハとの間に存在す

る雰囲気ガスを滞留させることができ、セラミック基板からの輻射および雰囲気ガスの対流により伝わる熱を逃がすことなく半導体ウエハ等に伝達させ、迅速に昇温を行うことが可能であり、セラミック基板表面の温度分布が半導体ウエハ等に反映されることがなく、加熱面を均一な温度とすることが可能である。

【0 2 1 5】さらに、第一および第二の本発明のセラミック基板の凸状体非形成部に複数の貫通孔を設け、熱風等の加熱媒体を供給することにより、セラミック基板を迅速に昇温させることができる。

【0 2 1 6】また、本発明のセラミック基板の製造方法によれば、半導体ウエハ等の被加熱物を載置する加熱面に多数の凸状体が形成されるとともに、凸状体非形成部に  $R_{max}$  が  $1 \sim 100 \mu m$  の粗化面が形成され、セラミック基板からの輻射および雰囲気ガスの対流により伝わる熱を逃がすことなく半導体ウエハ等に伝達させ、迅速に昇温を行うことが可能であり、セラミック基板表面の温度分布が半導体ウエハ等に反映されることがなく、加熱面を均一な温度とすることが可能な、第二の本発明のセラミック基板を製造することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】第一の本発明に係るセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図である。

【図 2】図 1 に示したセラミックヒータの部分拡大断面図である。

【図 3】図 1 に示したセラミックヒータの底面図である。

【図 4】第一の本発明に係るセラミックヒータの別の一例を模式的に示す平面図である。

【図 5】図 4 に示したセラミックヒータの部分拡大断面図である。

【図 6】図 4 に示したセラミックヒータが支持容器に設置された場合を示す断面図である。

【図 7】(a) ~ (d) は、本発明に係るセラミックヒータに形成される凸状体を模式的に示す断面図である。

【図 8】第一の本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す部分拡大断面図である。

【図 9】第一の本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図 1 0】第一の本発明に係る静電チャックを構成する

静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図 1 1】第一の本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図 1 2】(a) ~ (d) は、図 1 に示したセラミックヒータの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 1 3】(a) ~ (d) は、図 4 に示したセラミックヒータの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 1 4】(a) は、第二の本発明の本発明に係るセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図であり、

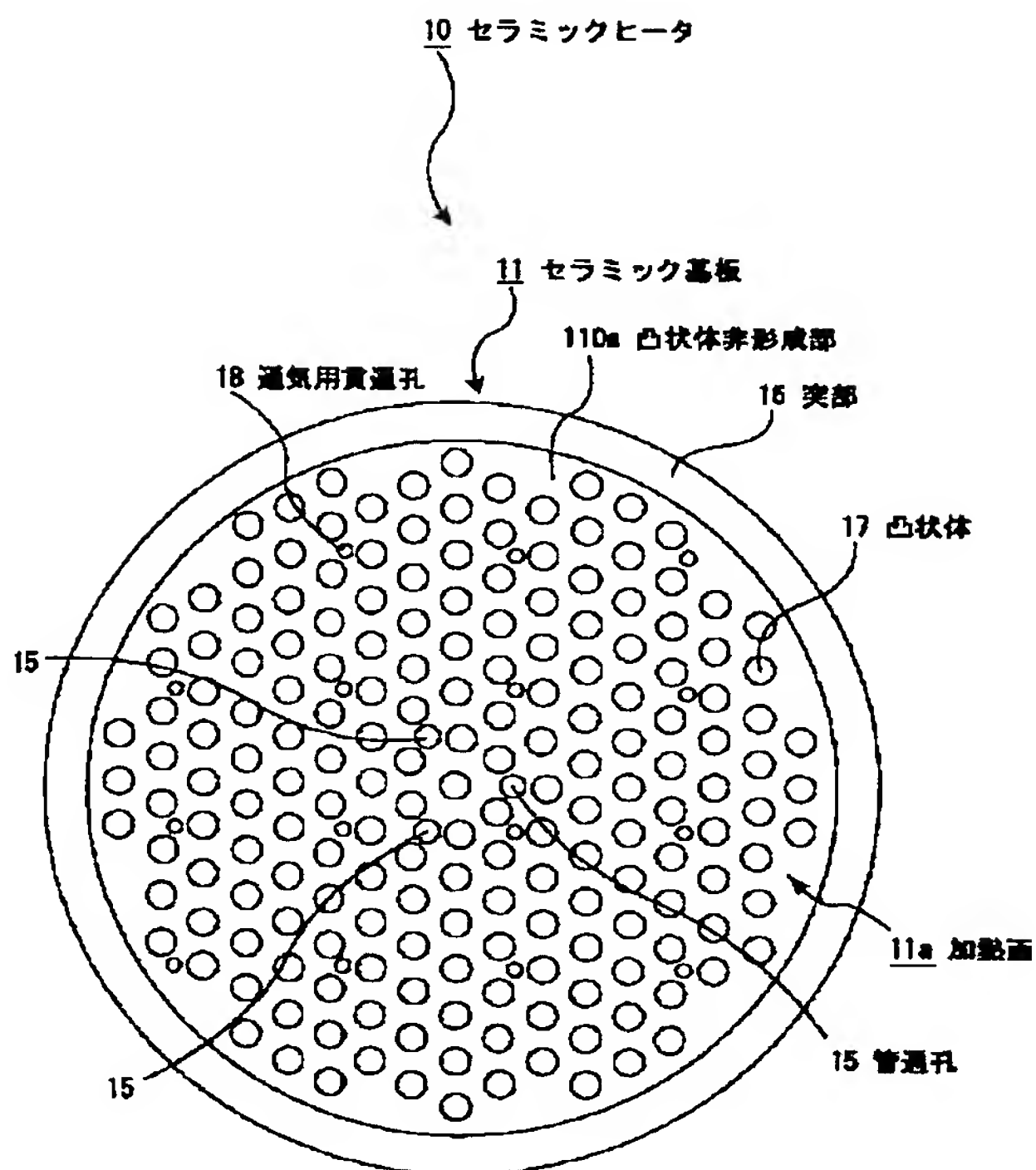
(b) は、(a) に示したセラミックヒータの一部を模式的に示す部分拡大断面図である。

【図 1 5】(a) ~ (e) は、図 1 4 に示したセラミックヒータの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

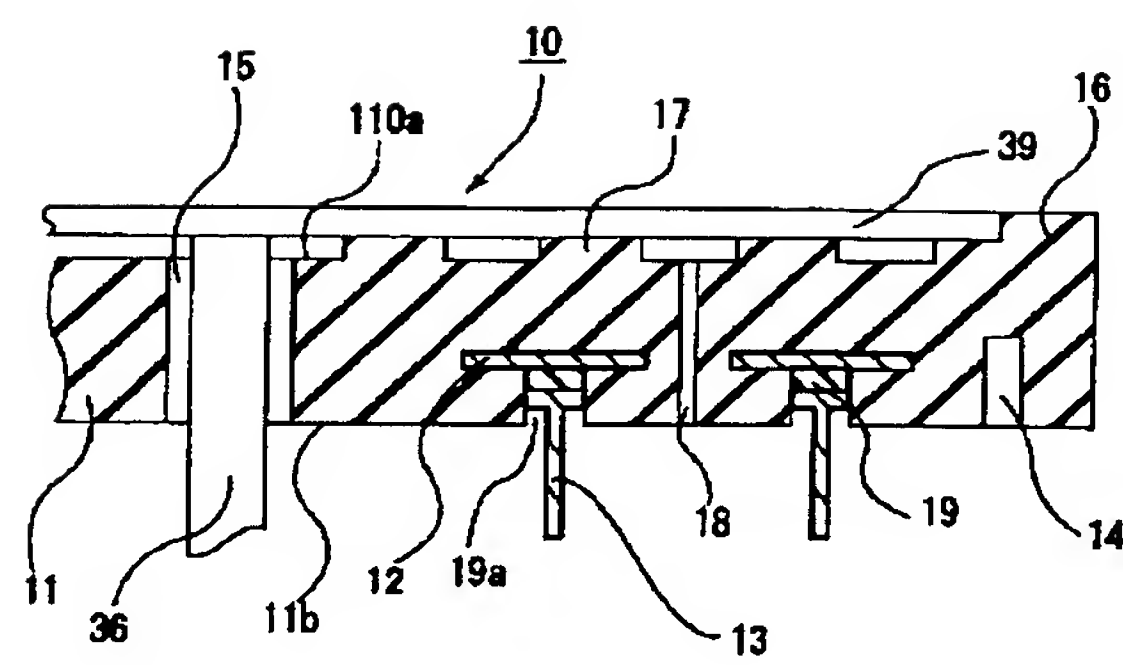
#### 【符号の説明】

- 1 0、2 0、8 0 セラミックヒータ
- 1 1、2 1、4 1、8 1 セラミック基板
- 1 1 a、2 1 a、8 1 a 加熱面
- 1 1 b、2 1 b 底面
- 1 1 0 a、2 1 0 a、8 1 0 a 凸状体非形成部
- 1 2、2 2、4 5、8 2 抵抗発熱体
- 1 2 0 導体ペースト層
- 1 3、2 3、8 3 外部端子
- 1 4、2 4、8 4 有底孔
- 1 5、2 5、8 5 リフターピン用貫通孔
- 1 6、2 6、4 6 突部
- 1 7 (1 7 0 ~ 1 7 3)、2 7、4 7、8 7 凸状体
- 1 8、2 8、4 8、8 8 通気用貫通孔
- 1 9 スルーホール
- 2 6 a 溝
- 1 9 0 充填層
- 1 9 a 袋孔
- 2 2 0、8 2 0 金属被覆層
- 3 6 リフターピン
- 3 9 半導体ウエハ
- 4 0、6 0、7 0 静電チャック
- 4 2、6 2、7 2 チャック正極静電層
- 4 3、6 3、7 3 チャック負極静電層
- 4 4 チャック誘電体膜
- 5 0 グリーンシート

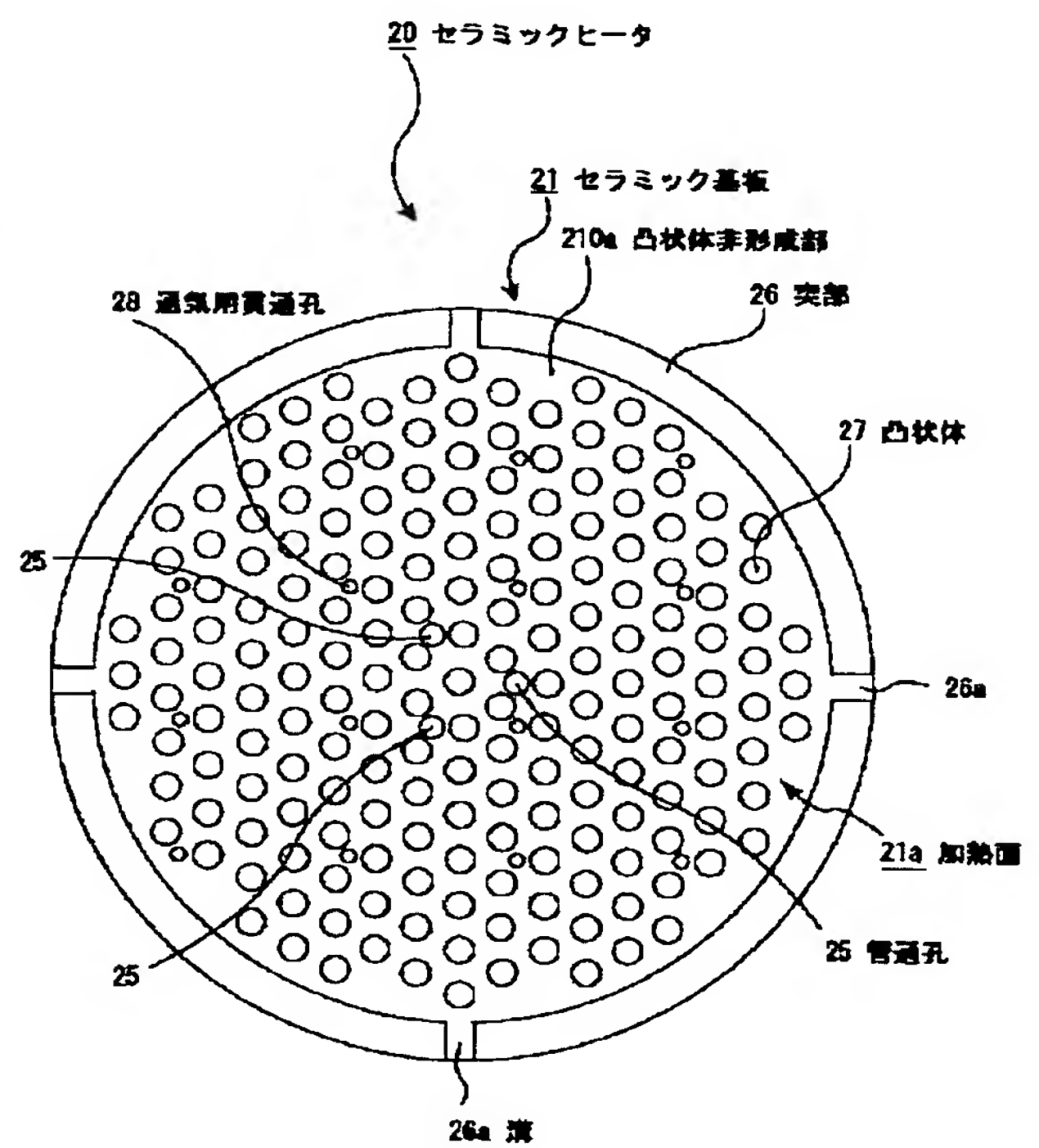
【図1】



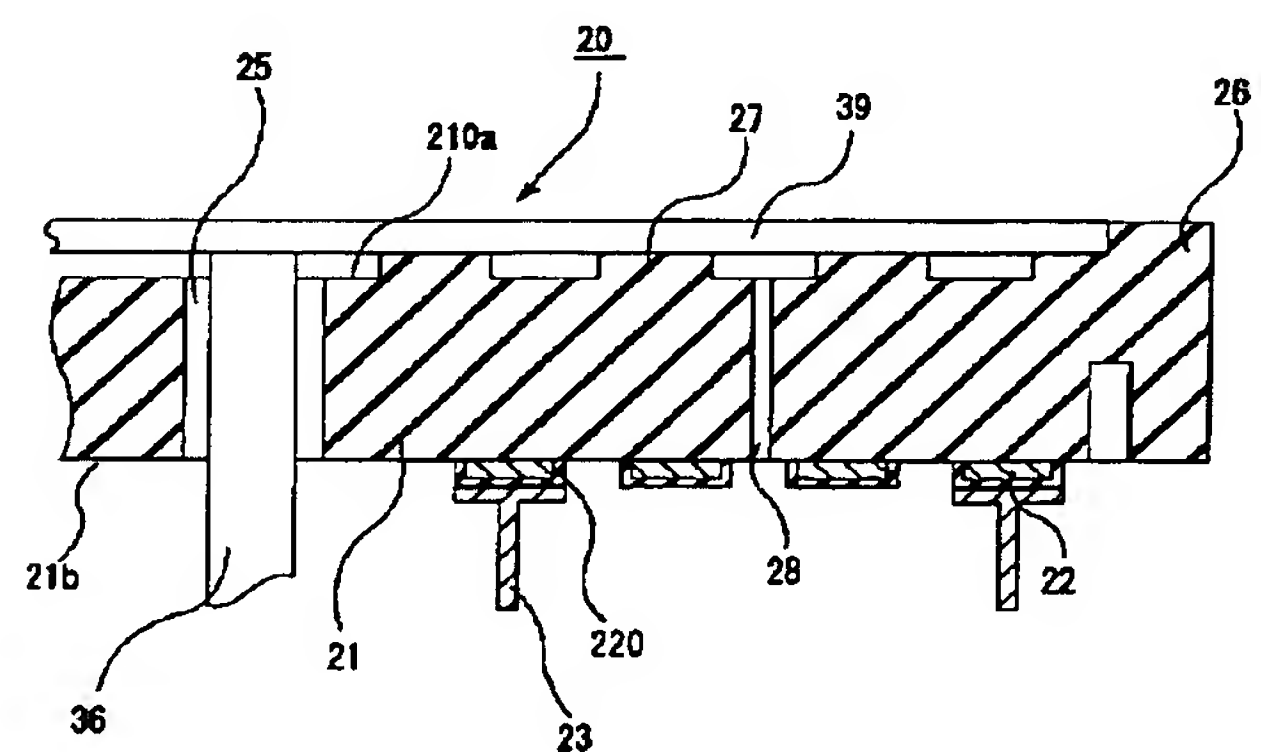
【図2】



【図4】

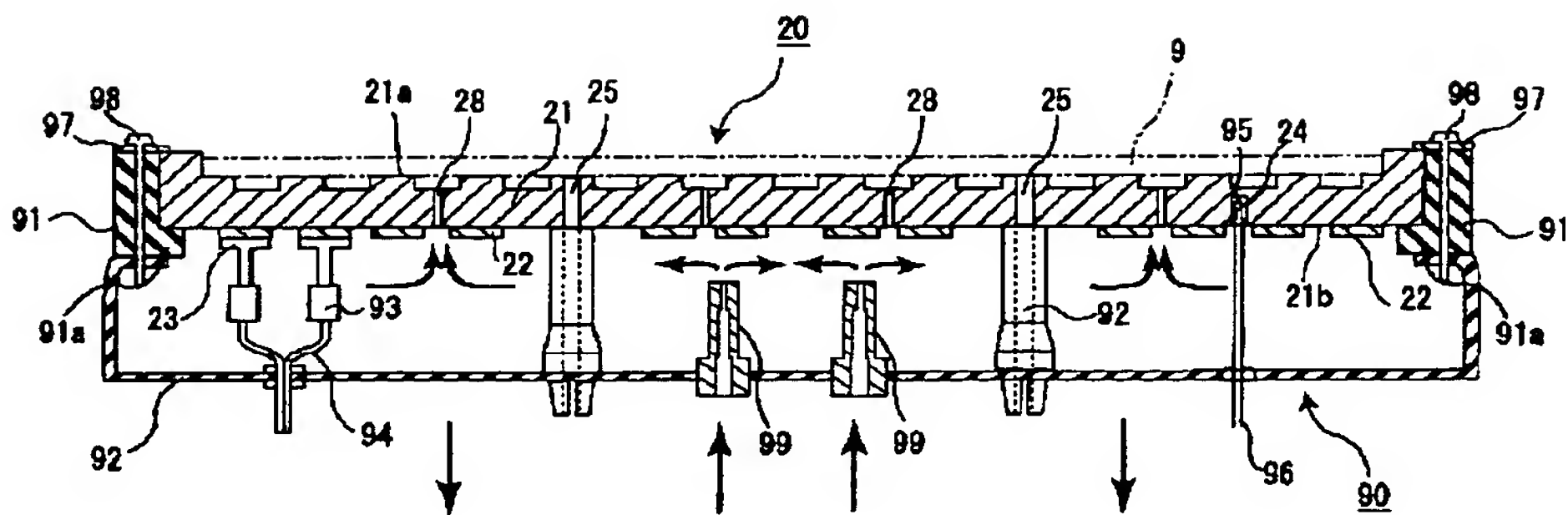


【図5】

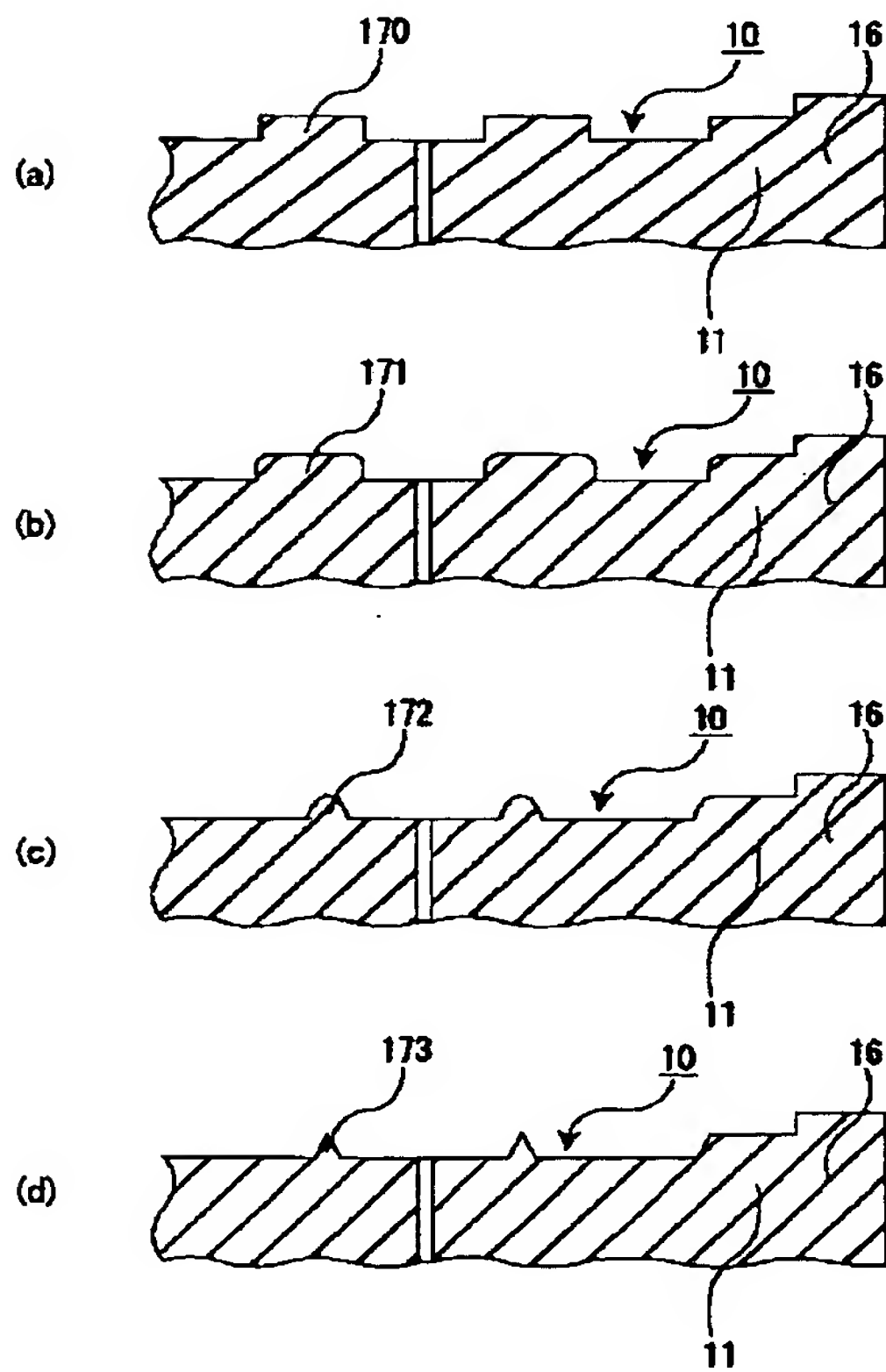




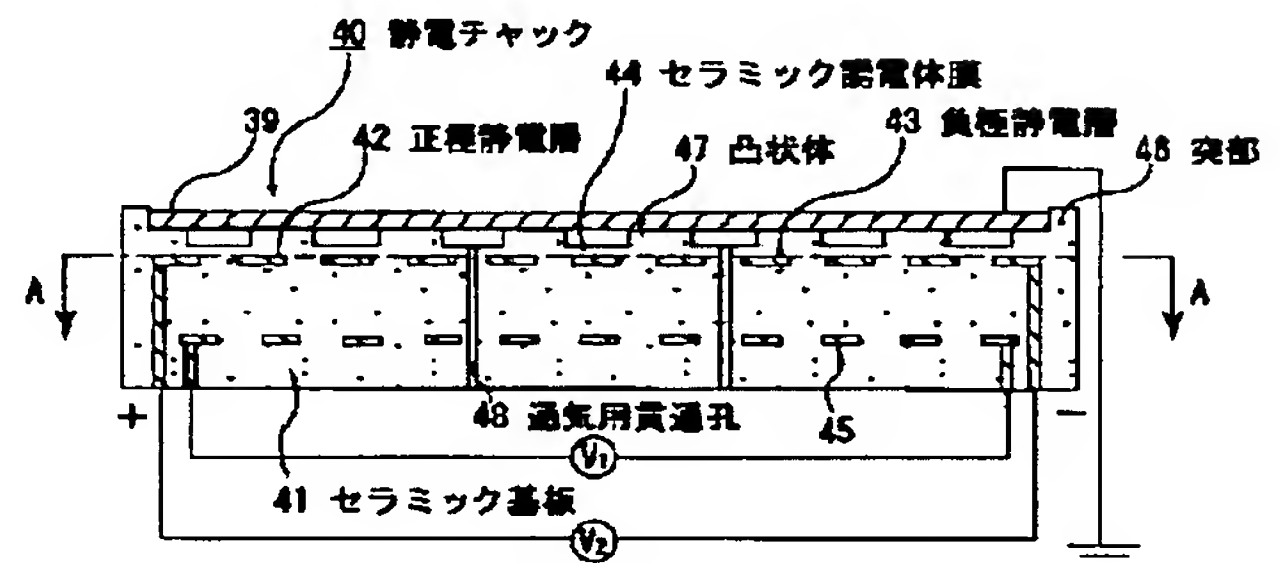
【図 6】



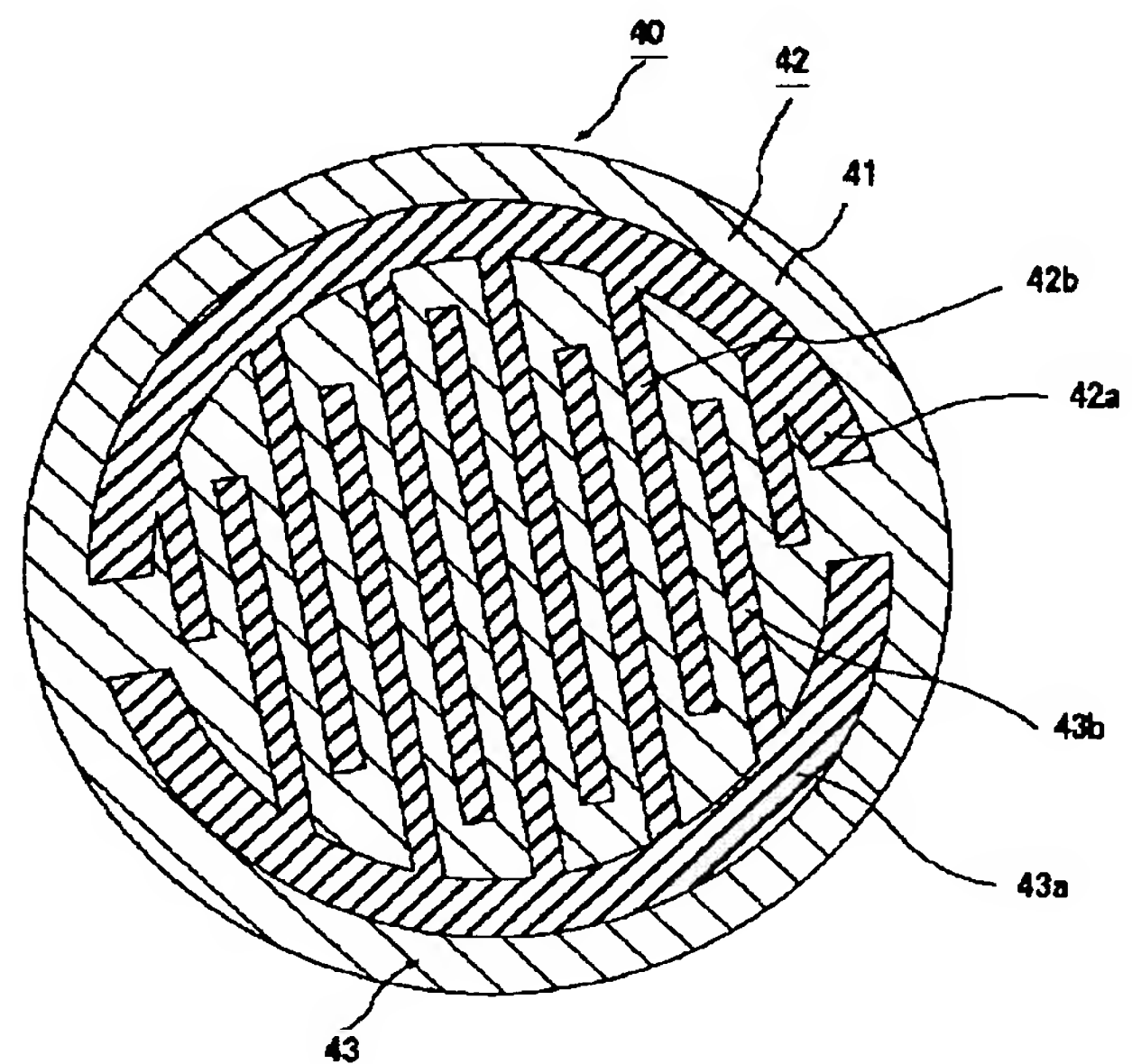
【図 7】



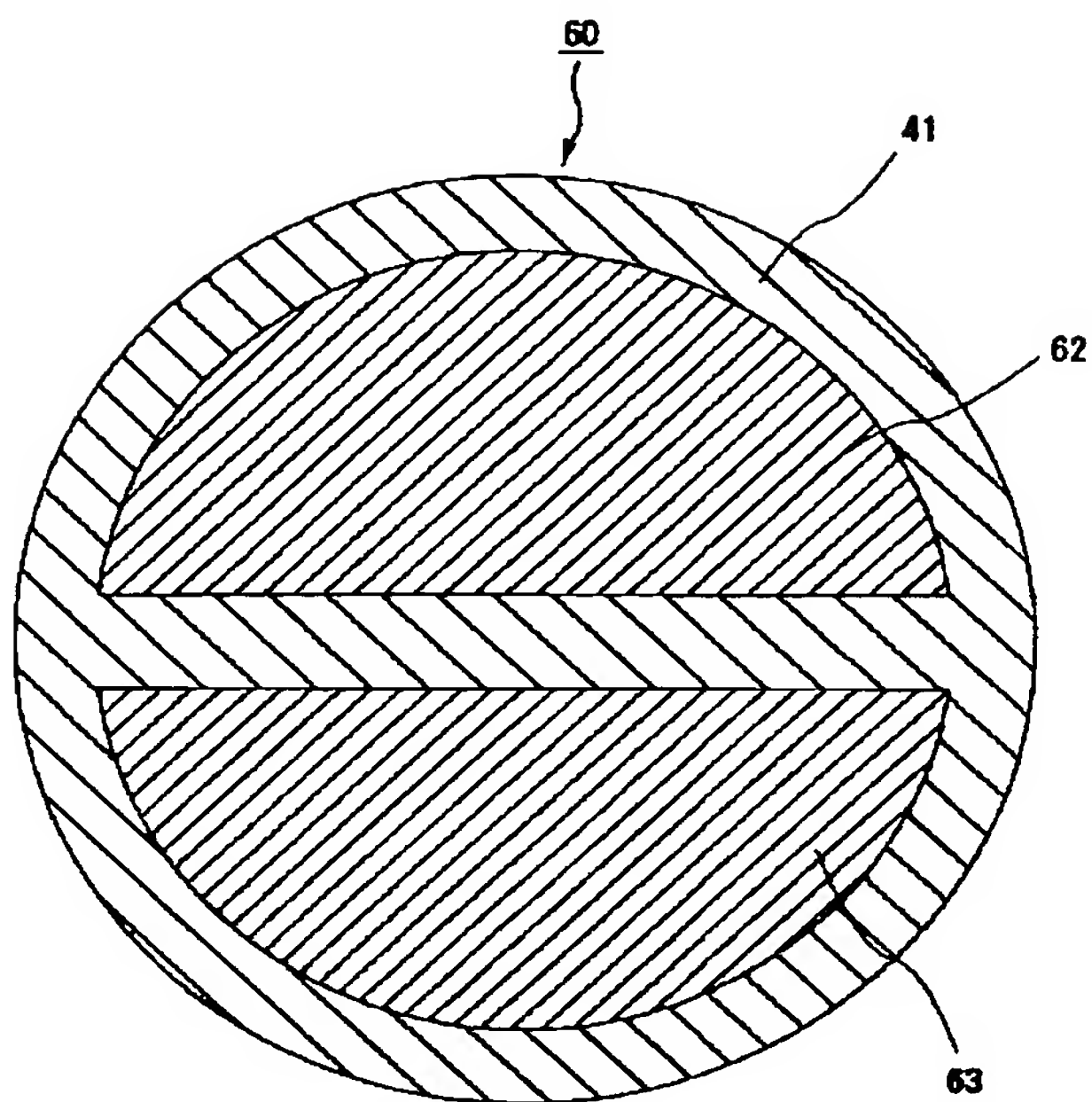
【図 8】



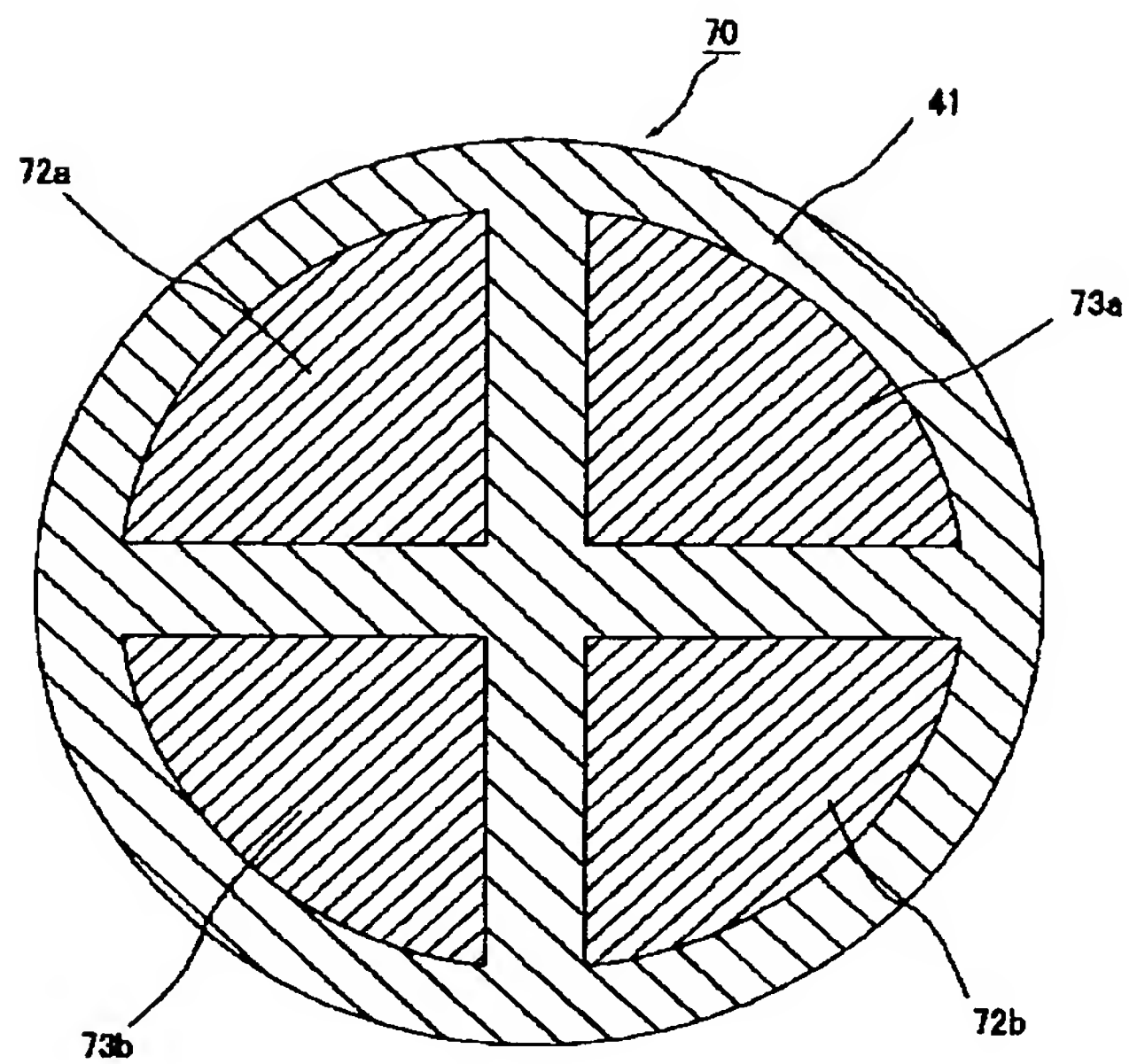
【図 9】



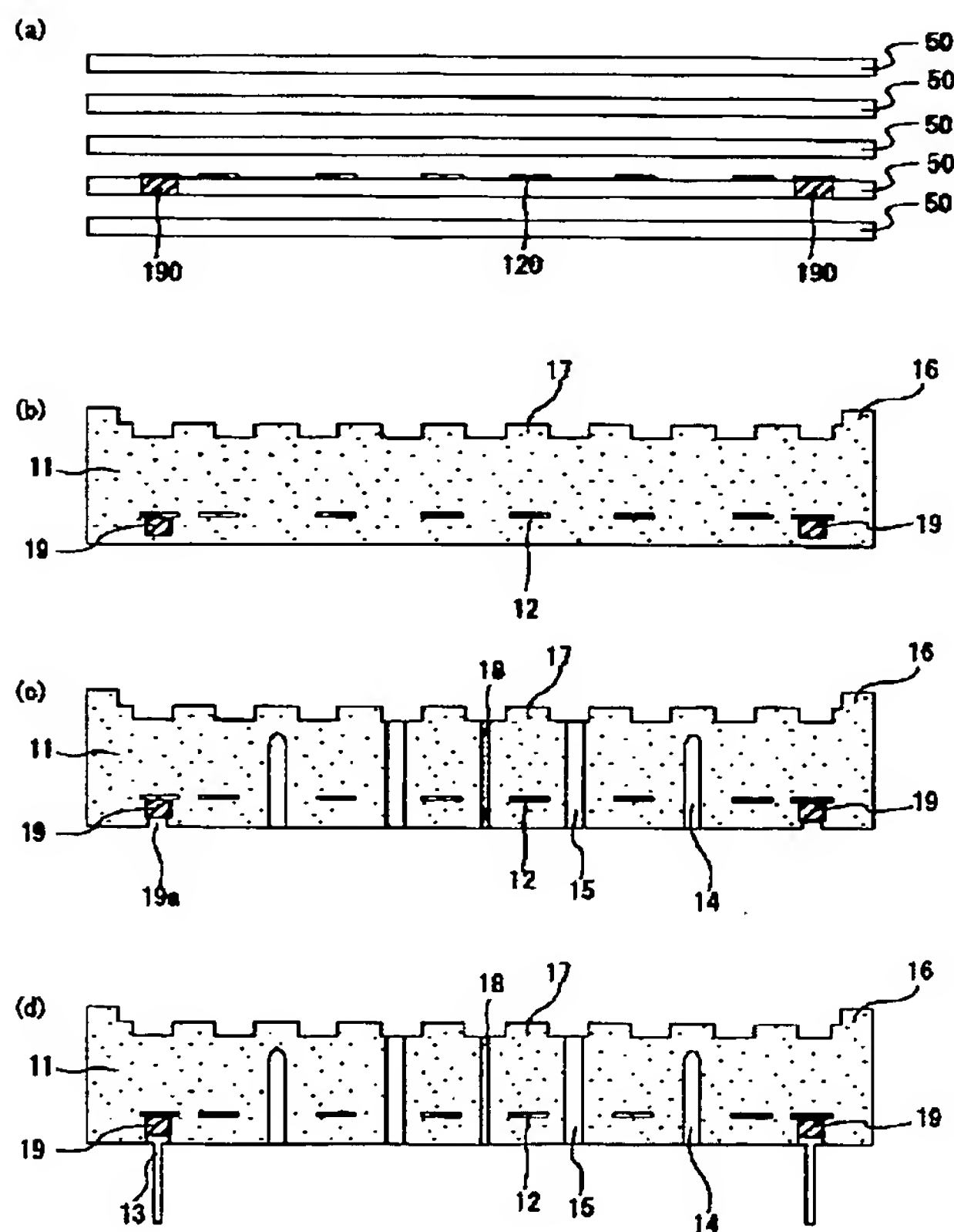
【図 10】



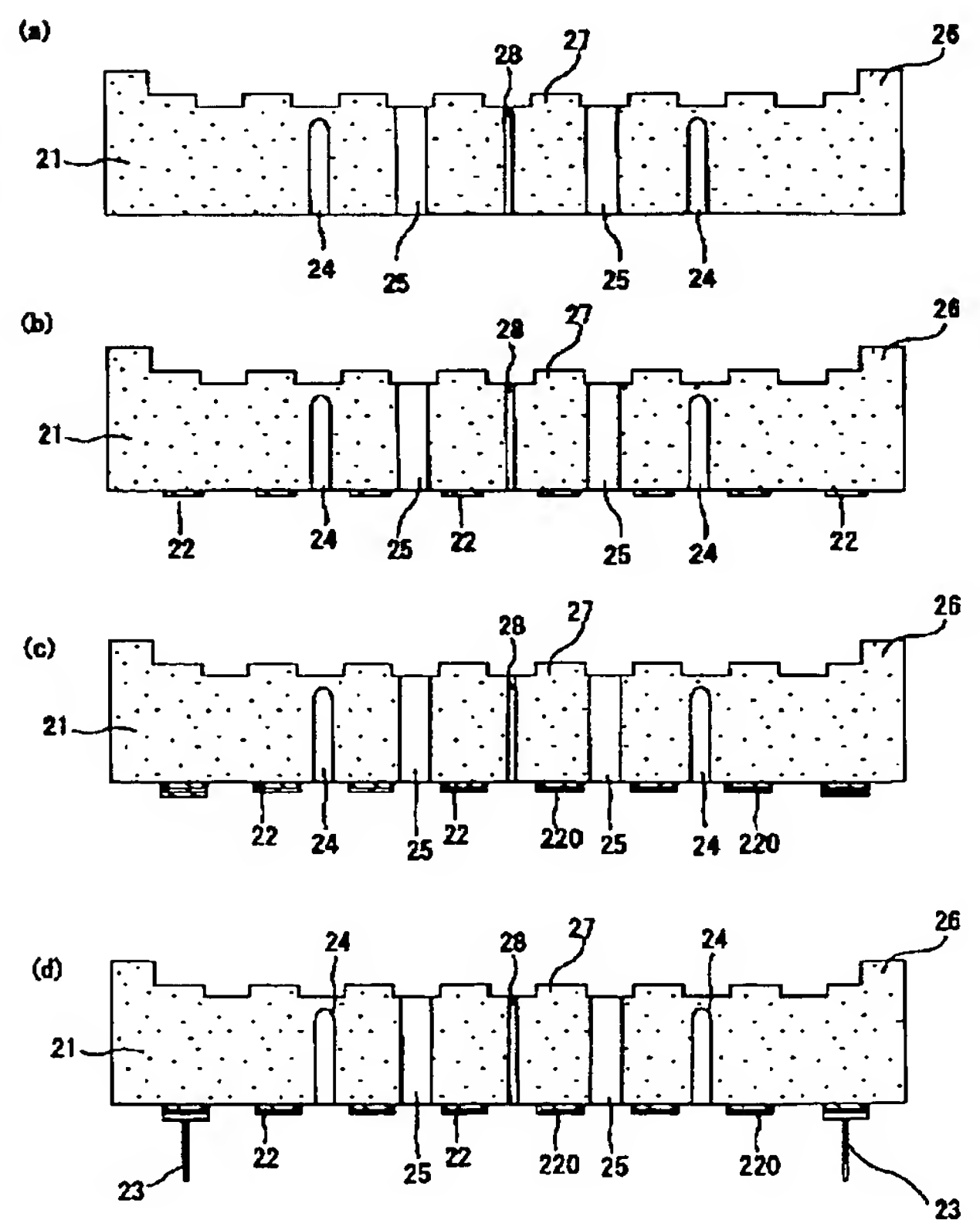
【図 11】



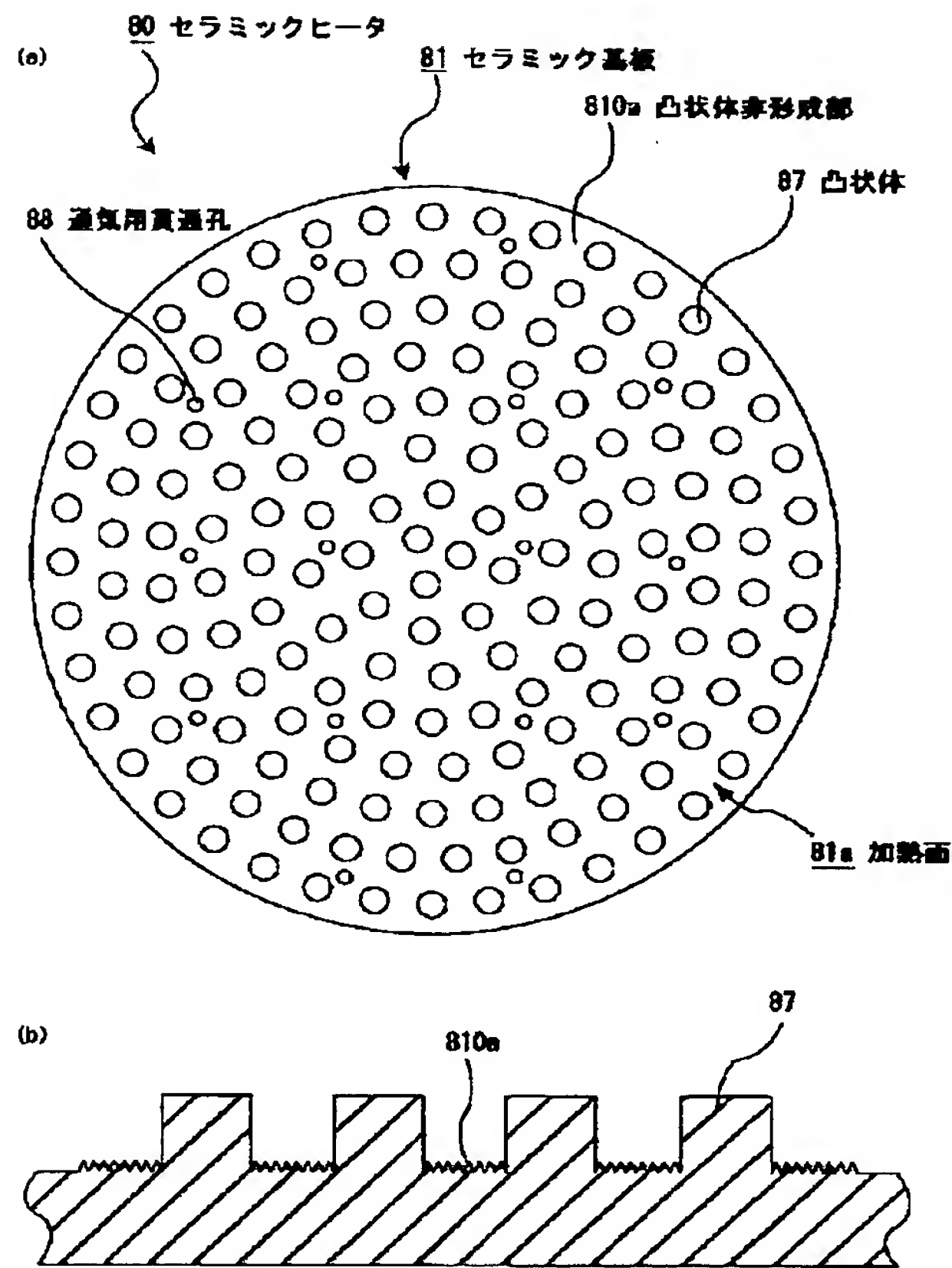
【図 12】



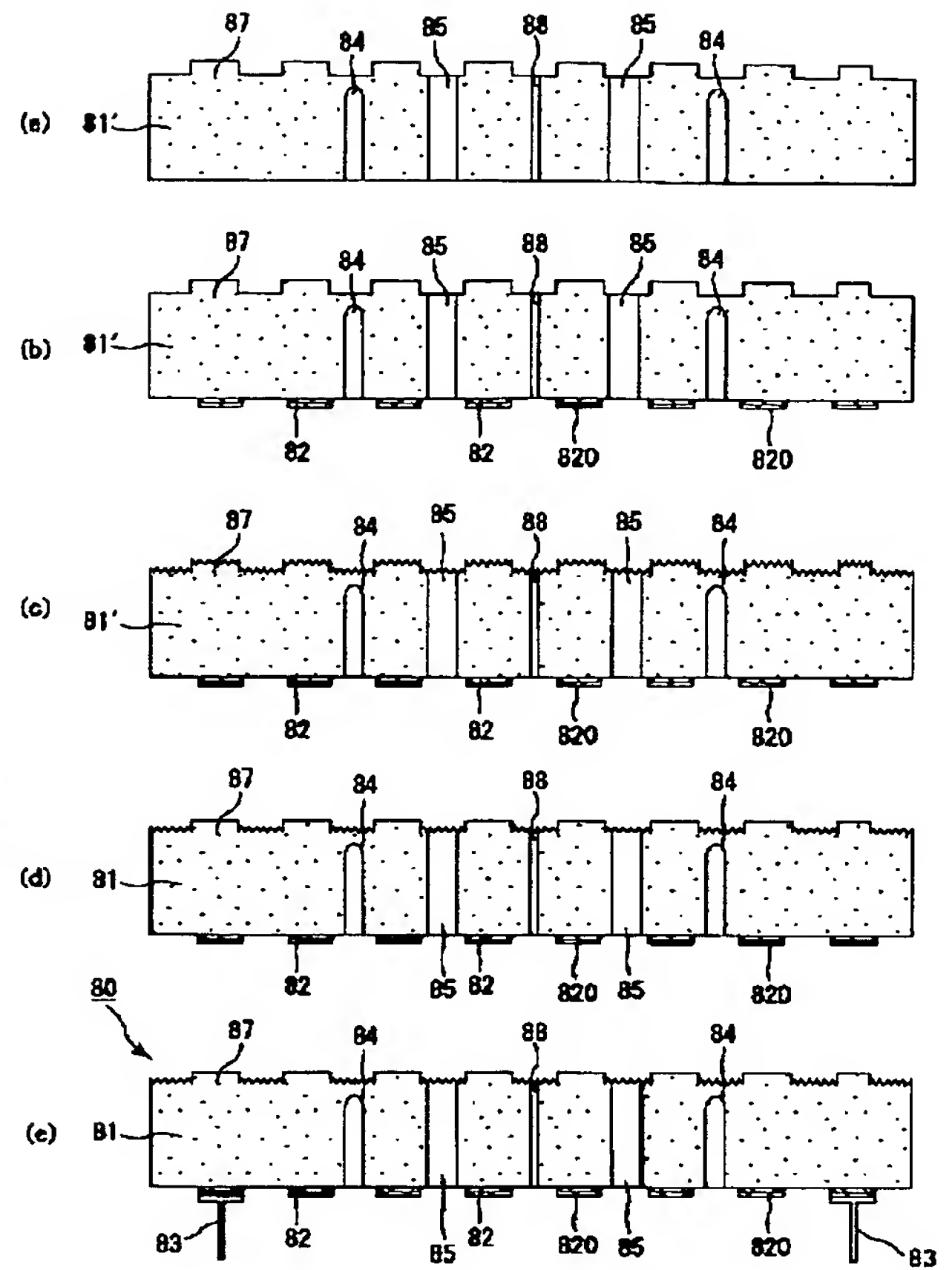
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3K034 AA02 AA08 AA10 AA12 AA21  
 AA22 AA37 BA02 BB06 BC04  
 BC12 BC17 FA21 JA02  
 3K092 PP09 QA05 QB02 QB18 QB26  
 QB43 QB44 QB59 QB61 QB74  
 RF03 RF11 RF19 RF22 RF27  
 SS18 SS28 VV22